Instituto Politécnico de Viseu
Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu

Daniel Loureiro Carreira

Sistema de Paletização Robotizado no setor de Pesagem/Etiquetagem do queijo.





Setembro 2012

Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu





Daniel Loureiro Carreira

Sistema de Paletização Robotizado no setor de Pesagem/Etiquetagem do queijo.
Caso de estudo: Lactogal, Produtos Alimentares S.A.

Dissertação de Mestrado
em Engenharia Eletrotécnica - Energia e Automação Industrial

Professor Doutor António Manuel Pereira Ferrolho

Setembro 2012

À minha mãe e avós

RESUMO

O processo de paletização consiste em organizar os produtos em paletes. Esses produtos são colocados de forma a construir paletes com estabilidade, para que, quando ocorrer o transporte dos mesmos, estes cheguem nas melhores condições aos clientes das empresas. Com a evolução das novas tecnologias, mais precisamente com a robótica industrial, este processo resulta de um estudo pormenorizado de cada fase do processo, com o intuito de o tornar o mais rápido e o mais eficiente possível e com um menor custo para as empresas.

O presente documento propõe o desenvolvimento do estudo de um sistema de paletização robotizada para caixas, no setor de pesagem/etiquetagem, na unidade fabril da Lactogal, Produtos Alimentares S.A em Oliveira de Azeméis.

Neste sistema de paletização robotizado proposto, será possível ao operador fabril introduzir todos os dados relativos às dimensões das caixas e das paletes. Para além deste facto, também o número de camadas pode ser introduzido, o que confere grande versatilidade e flexibilidade ao sistema.

O documento aborda todos os elementos de automação industrial usados e ferramentas desenvolvidas, dando informações sobre estes, com o objetivo de tornar a realização da tarefa segura e eficiente.

ABSTRACT

The palletizing process consists in organizing the products on pallets. These products are arranged to construct pallets with stability, in order to arrive at the business customers in best conditions, when they are transported. With the evolution of the new technologies, specifically with industrial robotics, this process results from a detailed study of each stage of the process, with the aim of making it as fast and as efficient as possible and at a lower cost for companies.

This document proposes the development of the study of a robotic palletizing system for boxes in the industry of weighing/labeling, in the manufacturing unit of Lactogal, Produtos Alimentares S.A. in Oliveira de Azeméis.

In this proposed robotic palletizing system, the plant operator can enter the dimensions of the boxes and pallets. Besides this, the number of layers may also be entered, which gives great versatility and flexibility to the system.

The document approaches all elements of industrial automation used and developed tools, giving information on these, with the goal of making the accomplishment of the task safe and efficient.

PALAVRAS CHAVE

Robótica,
Paletização,
Automação industrial.

KEY WORDS

Robotics,
Palletizing,
Industrial Automation.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor António Manuel Pereira Ferrolho, a forma como orientou o meu trabalho de Mestrado. Os seus conselhos e a sua preocupação com o meu trabalho contribuíram decisivamente para a realização da parte prática e para a elaboração da tese.

Agradeço também ao meu monitor de projeto na Lactogal, Produtos Alimentares S.A., Engenheiro Carlos Manuel Oliveira, o seu auxílio sempre que foi oportuno e os constantes conselhos, em particular, no esforço desenvolvido para me dar todas as informações necessárias.

À Lactogal, Produtos Alimentares S.A., pela oportunidade de trabalhar neste projeto e por toda a disponibilidade, porque nunca colocou qualquer entrave quando foi necessário trazer material para efetuar testes.

Aos meus colegas, mas especialmente ao Hélder Aguiar, que passaram o semestre a elaborar um trabalho semelhante de dissertação, mas que, sempre que necessário, deram a sua opinião, ajuda e principalmente motivação, quando o caminho se tornou por vezes mais sinuoso.

A todos os que não foram mencionados, mas estiveram envolvidos e me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, agradeço também profundamente.

Por último, mas em primeiro plano, gostaria de agradecer à minha família, em especial a minha mãe, pelo facto de ter investido e acreditado sempre em mim, proporcionando-me a oportunidade de estar a terminar um curso superior.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE QUADROS

SIMBOLOGIA

ℓ	Litro
Ø	Diâmetro
º	Graus

ABREVIATURAS E SIGLAS

ESTGV	Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu
CSV	Comma Separated Values
CIM	Computer Integrated Manufacturing
GM	General Motors
I&D	Investigação e Desenvolvimento
AGV	Automatic Guide Vehicle
kg	Quilograma
RS-232	Recommended Standard 232
RS-485	Recommended Standard 485
Inc.	Incorporated
GM	General Motors
SCARA	Selective Compliance Assembly Robot Arm
IBM	International Business Machines
mm	Milímetros
HMI	Human Machine Interface
IFR	International Federation of Robotics
PPP	Picking, Packing, e Palletizing ou Placing
GUI	Graphical User Interfaces
CAN	Campus Area Network
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-Emitting Diode
DRAM	Dynamic Random Access Memory
Mb	Megabytes
m	Metro
VDC	Voltage Direct Current
V	Volts
mA	Miliampére
kPa	kiloPascal
s	Segundo
VAC	Voltage Alternating Current
g	Grama
A	Ampéres
Min	Minuto

1. Introdução

1.1 Motivação e objeto da dissertação

Atualmente, muitas empresas recorrem à automação e à robótica para serem mais competitivas no mercado. Estas estão a melhorar as suas linhas de produção, recorrendo cada vez mais a sistemas robotizados, com o intuito de aumentarem o volume de produção e, simultaneamente, melhorarem a qualidade dos produtos. De facto, nos dias de hoje, muitas empresas não conseguiriam ter os níveis de produção e qualidade se não utilizassem robôs nas suas linhas de fabrico.

Esta dissertação surge integrada na colaboração existente entre a Lactogal, Produtos Alimentares S.A., e a Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu (ESTGV), e procura dar resposta à necessidade de criar um sistema de paletização mais eficiente no setor de pesagem/etiquetagem do queijo, na unidade fabril de Oliveira de Azeméis. Pretende-se, com a introdução de novas tecnologias, fazer uma atualização tecnológica e aumentar o nível de produção em níveis industriais, para que a empresa se mantenha na linha da frente do seu mercado.

Atualmente, a paletização no setor do queijo na linha de produção da Lactogal, Produtos Alimentares S.A., é realizada manualmente por operadores humanos. No sentido de alterar esta situação, no presente documento apresenta-se o desenvolvimento de um estudo com vista à criação de uma célula flexível de fabrico, usando um robô manipulador industrial, destinada à paletização de caixas nesse setor. A solução apresentada deverá distinguir-se de todas aquelas que existem presentemente no mercado industrial, pois deverá possibilitar um sistema

de paletização variável nas dimensões da caixa, da palete e também no número de camadas a paletizar.

Como já foi referido, esta célula destina-se a uma futura implementação no setor do queijo na unidade industrial de Oliveira de Azeméis.

1.2 Organização do documento

Este documento está organizado em cinco capítulos, onde se descreve todo o trabalho realizado. Na presente secção, apresentam-se, de forma muito sucinta, os conteúdos de cada um desses capítulos.

No primeiro capítulo, faz-se uma introdução geral, que serve para explicar a motivação, a necessidade e os objetivos pretendidos com a realização desta dissertação.

No segundo capítulo, faz-se uma introdução à robótica e às suas aplicações, mas dando principal relevância à sua aplicação no trabalho.

No terceiro capítulo, descreve-se o problema e os equipamentos de automação industrial usados na realização do projeto.

No quarto capítulo, apresenta-se o trabalho desenvolvido, o órgão terminal desenvolvido e a aplicação *GUI*.

Por fim, no quinto capítulo, apresentam-se as conclusões da dissertação realizada e propostas para trabalhos futuros.

2. Estado da Arte

2.1 Do início ao presente

Desde sempre o Homem imaginou, projetou e tentou criar mecanismos que conseguissem imitar as capacidades humanas. Leonardo da Vinci apresentou-se como um dos pioneiros na robótica, pois nos seus manuscritos que chegaram aos nossos dias apareciam esboços de um robô antropomórfico.

O termo robô (robot) vem do Checo *robota*, que significa trabalho, e foi usado pela primeira vez pelo Checo Karel Capek, numa peça de teatro – R.U.R (*Rossum´s Universal Robots)*, em janeiro de 1921 [1].

O termo robótica surgiu com maior evidência com o escritor Isaac Asimov, na sua ficção *I, Robot*, de 1950, onde este descrevia as três leis principais da robótica:

1. Um robô não pode fazer mal a um ser humano e nem, por omissão, permitir que algum mal lhe aconteça;
2. Um robô deve obedecer às ordens dos seres humanos, exceto quando estas contrariarem a Primeira Lei;
3. Um robô deve proteger a sua integridade física, desde que, com isso, não contrarie as duas leis anteriores.

Com a necessidade de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos, a ideia de construir robôs começa a ganhar força no início do século XX. Com a Primeira e Segunda Guerras Mundiais, houve necessidade de agilizar o processo de criação de robôs industriais. Mais concretamente, após a Segunda Guerra Mundial, nas décadas de 50/60, começam a

surgir os primeiros robôs manipuladores industriais. O primeiro é desenvolvido por *George Devol* e *Joseph Engelberger* na companhia americana *Unimation Inc.* (Primeira fábrica mundial de criação de robôs industriais), que foi instalado numa fábrica da *General Motors(GM)*, em New Jersey. A figura 2-1 mostra o robô *Unimate* que foi implementado na fábrica da GM [2].



Figura 2-1: Robô *Unimate*.

Durante as décadas 50 e 60, foram levados a cabo vários projetos de investigação e desenvolvimento, que levaram ao aparecimento dos primeiros robôs controlados por computador, com retroação sensorial, tais com o *Tool of The fuTure* (T3), em 1974; o *Standford*, em finais da década de 60 e início da década de 70, que mais tarde, em 1978, deu origem ao *PUMA*, que usava também a retroação de força e visual; o manipulador da IBM, em 1975; e o *SCARA* (*Selective Compliance Assembly Robot Arm*), desenvolvido entre 1978 e 1979 [2].

Os robôs manipuladores evoluíram muito até ao presente, através dos materiais usados na sua construção. Os atuadores, os controladores, as transmissões, a complexidade das garras e pinças e os algoritmos de controlo garantem aos robôs uma melhor repetibilidade e velocidade. A perceção sensorial, que pode ir do mais simples sensor até aos modelos de visão tridimensionais, é um dos elementos indispensáveis para os manipuladores terem informação sobre o trabalho que estão a desenvolver e sobre o ambiente em que estão inseridos. Mas, para tornar os robôs mais leves e flexíveis, muito trabalho ainda tem de ser realizado em termos de programabilidade, controlo de força, retroação visual, perceção sensorial e até novas estruturas mecânicas.

Na última década, os fabricantes de manipuladores industriais abandonaram o conceito segundo o qual o robô era uma máquina de uso diversificado e substituíram-no por um conceito de uso específico. Devido às necessidades de mercado, os construtores de robôs industriais criaram robôs dedicados a funções específicas, de que resultam melhores desempenhos e preços mais económicos para os clientes industriais. Assim, podemos encontrar robôs industriais dedicados à soldadura por arco, paletização, pintura e, por vezes, preparados para ambientes específicos como, por exemplo, atmosfera explosiva. A figura 2-2 mostra alguns exemplos referidos.

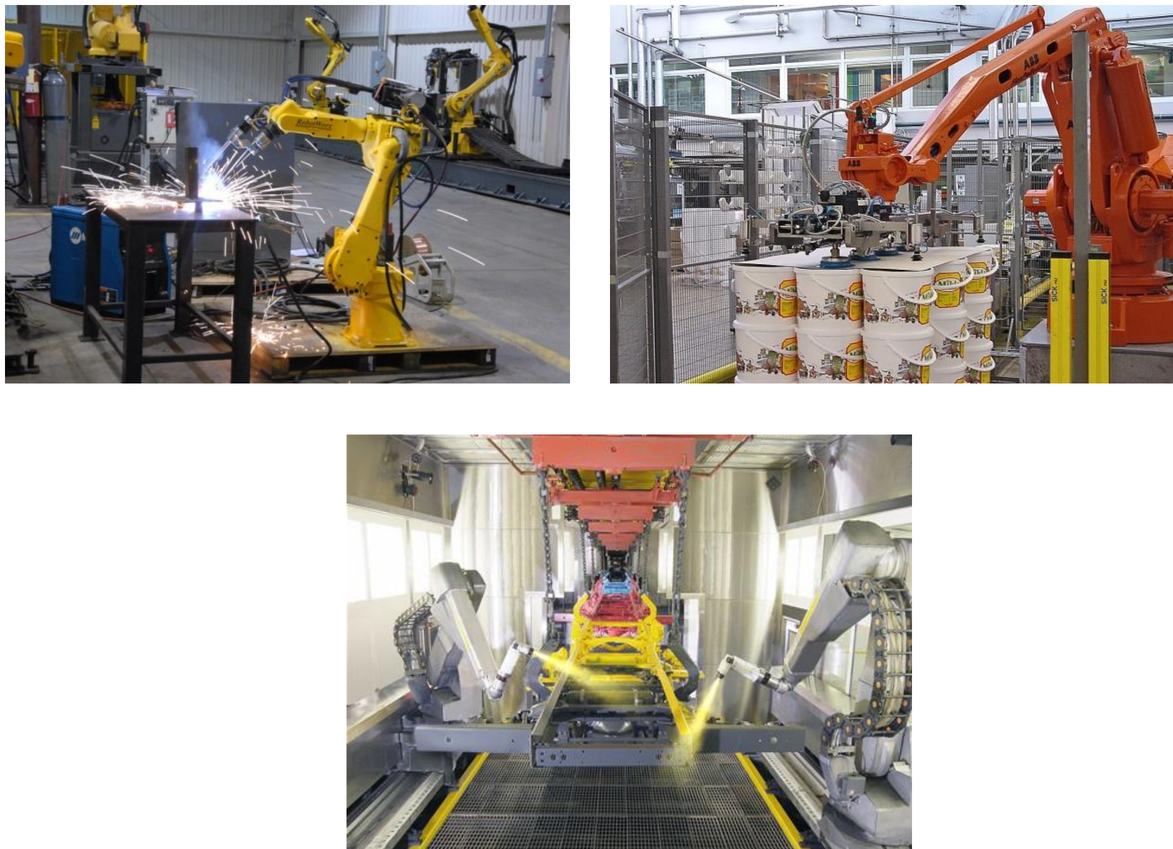


Figura 2-2: Robôs industriais.

2.2 Automação industrial

2.2.1 Robôs manipuladores industriais

Os robôs manipuladores industriais tentam imitar o braço humano na realização das tarefas. O braço humano é constituído por sete graus de liberdade: uma junta de três graus de liberdade (o ombro), seguida de uma junta com um grau de liberdade (o cotovelo), e por outra com três graus de liberdade (o punho).

A grande maioria dos robôs manipuladores tem, geralmente, seis eixos, que lhe permitem atingir qualquer posição/orientação no seu espaço de trabalho, desde que não atinjam os pontos de singularidade. A existência das singularidades representa uma perda de mobilidade no manipulador industrial, mas, desde que conhecidas, estas podem ser evitadas aquando da realização do trabalho.

Como o braço humano, os robôs manipuladores industriais usam as primeiras juntas para posicionamento (no homem representam o cotovelo e o ombro) das juntas seguintes, o punho, que é utilizado para orientar o elemento-terminal. Um manipulador industrial também usa as

juntas do braço para posicionamento e as juntas do punho para orientação, como se pode verificar na figura 2-3.

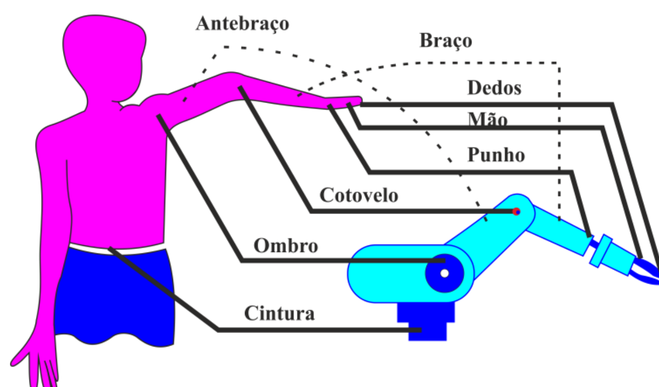


Figura 2-3: Comparação entre o braço humano e o braço robótico [3].

.

O punho tem geralmente duas configurações: *pitch-yaw-roll* (YXZ), como o punho humano, ou *roll-pitch-roll* (ZYZ), também denominado de punho esférico, como se pode observar na figura 2.4. Este último é o mais usado na robótica de manipulação, devido à sua maior simplicidade, apesar de apresentar singularidades.

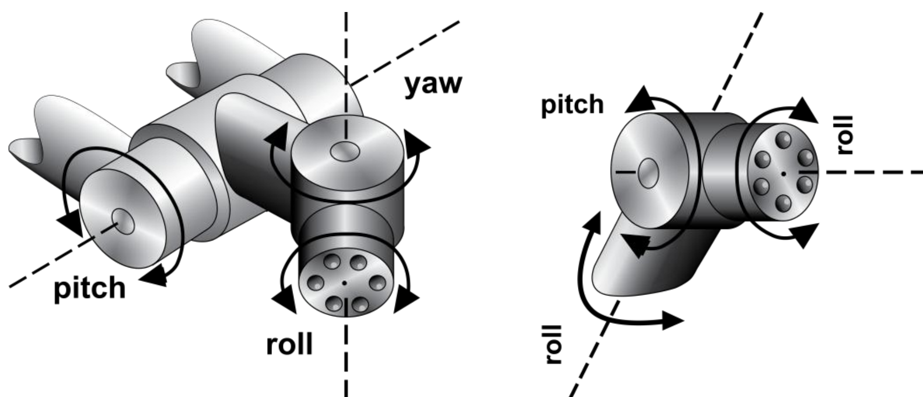


Figura 2-4: Configurações *pitch-yaw-roll* (YXZ) e *roll-pitch-roll* (ZYZ), respetivamente [3].

2.2.2 Automação industrial associada à Robótica Industrial

De todos os equipamentos usados na Automação Industrial, os robôs industriais são aqueles que apresentam o melhor rácio entre o custo de produção por unidade de produto, em relação ao volume de produção, para pequenos/médios volumes de produção, como mostra a figura 2-5 [4].

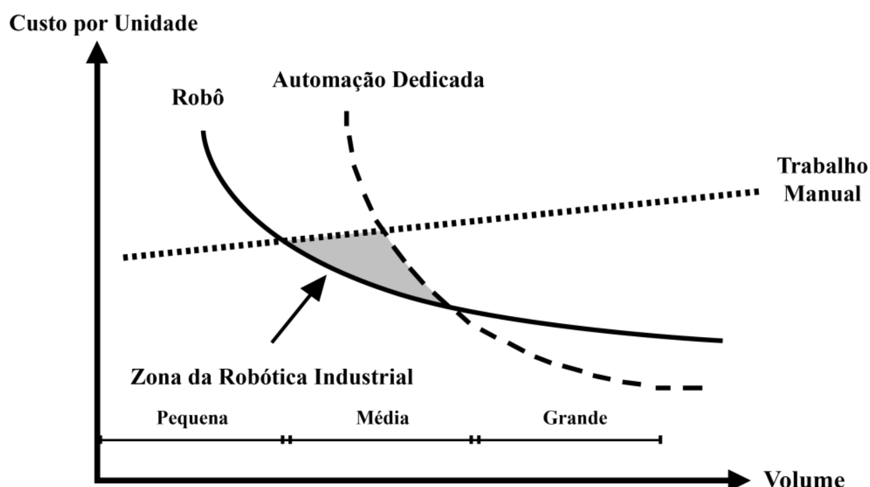


Figura 2-5:Vantagem a nível produtivo da robótica [4].

Com as características atuais de mercado (elevada concorrência, produtos em parte definidos pelos clientes, produtos com tempo de vida curtos, uma maior qualidade a menor preço, entre outros), as empresas não produzem para terem grandes *stocks*, produzem apenas em pequena ou média escala, ou seja, consoante as encomendas que surgem. Este facto levou à crescente implementação de robôs.

A utilização destes em ambiente industrial não é um assunto fechado, mas sim um assunto com grande interesse para os processos de Investigação e Desenvolvimento (I&D). Esses desafios de I&D têm como base a interação dos operadores humanos com os robôs manipuladores, pois estes coabitam em ambiente industrial. Nestas circunstâncias, é necessário criar interfaces que possibilitem a sua comunicação/ interação.

Atualmente, nas fábricas modernas, existe uma grande colaboração entre o trabalho humano e o trabalho realizado por elementos de automação industrial (robôs manipuladores e móveis, autómatos programáveis, equipamentos pneumáticos e hidráulicos, entre outros). Essa realidade coloca enormes desafios à área de I&D, pois é necessário criar dispositivos e softwares de interface homem-máquina (HMI), bastante simples, intuitivos e, acima de tudo, seguros. Isso deve-se à baixa previsibilidade humana, que coloca os sistemas automáticos em situações difíceis, nomeadamente, em sistemas que não podem parar com frequência.

Outro enorme desafio é a agilidade, que, hoje em dia, se tornou num fator bastante importante. O reduzido prazo de validade dos produtos e a necessidade premente de ter sistemas de produção adaptados às necessidades de mercado tornam imperioso tirar o máximo partido dos equipamentos de automação industrial existentes na unidade industrial, o que exige uma coordenação e distribuição de tarefas muito eficiente.

O processo produtivo automatizado é um processo que foi estudado e racionalizado em fases. Este encontra-se organizado em células flexíveis de fabrico, cada uma destas realiza um

determinado número de tarefas sobre as matérias-primas ou produtos semiacabados, até que estes cheguem a ser o produto final a entregar ao cliente.

O percurso entre o armazém de matérias-primas até ao armazém de produtos acabados apresenta várias fases, que estão associadas à transição de uma célula flexível para a seguinte. Os locais onde se armazenam os produtos semiacabados nas diferentes fases de transição denominam-se *buffers*. A figura 2-6 exemplifica este processo [4].

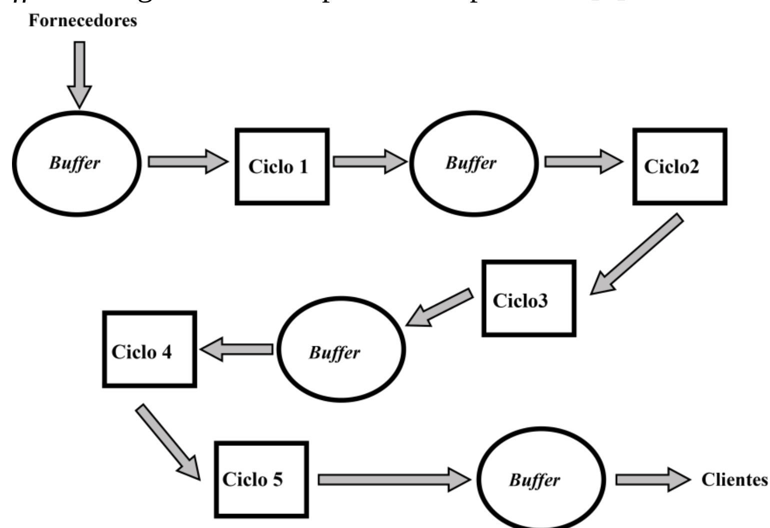


Figura 2-6: Vários estados do produto até este representar um produto acabado [4].

A necessidade de informações detalhadas, em tempo real, sobre as várias fases de produção, para que o processo produtivo seja o mais eficiente, o mais equilibrado e com níveis de produtividade elevada, levou à criação de uma organização hierarquizada do processo, como se pode ver na figura 2-7. Isto veio permitir que, durante o processo de produção, haja troca de informação entre os vários níveis funcionais das empresas, tornando-o, assim, um processo integrado [4].

Quem desenvolve os equipamentos de automação industrial tem perfeita noção da organização moderna das empresas, e, sendo assim, adapta os seus equipamentos aos ambientes destas, para que se consiga uma exploração exaustiva daqueles.

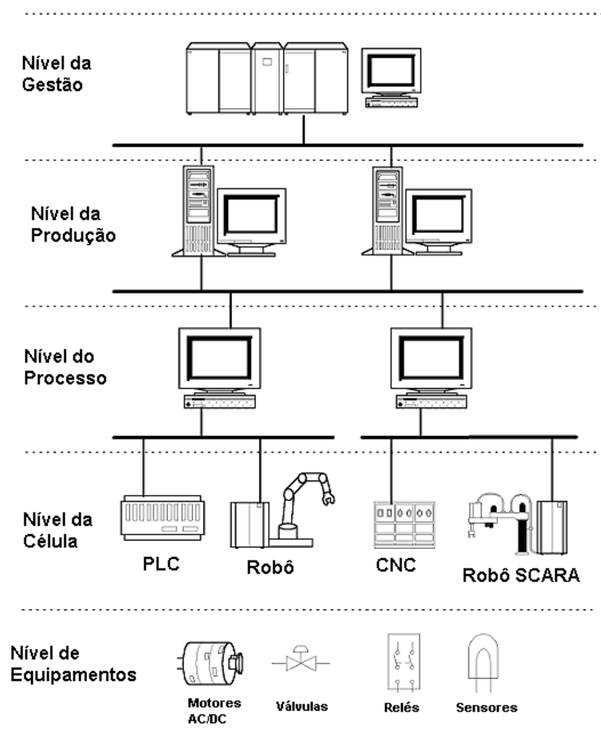


Figura 2-7: Organização do tipo *CIM – Computer Integrated Manufacturing* [5].

2.3 Robótica Industrial em Portugal

2.3.1 Tipos de manipuladores industriais instalados

Em 1980, terá sido instalado o primeiro robô industrial em Portugal, um ABB IRB6 de cinco eixos, para soldadura por arco, que esteve em serviço por mais de 20 anos [6].

Segundo a *IFR (International Federation of Robotics)*, existem dois tipos de robôs industriais instalados em quantidade significativa em Portugal: robôs articulados ou antropomórficos (braço), com 4 ou mais eixos, e os robôs cartesianos (pórtico) ou lineares, com 3 ou mais eixos. Os restantes tipos principais têm uma representação residual na capacidade implementada. Na figura 2.8 podemos observar a variação do número de robôs industriais instalados, em Portugal, de 1996 a 2007.

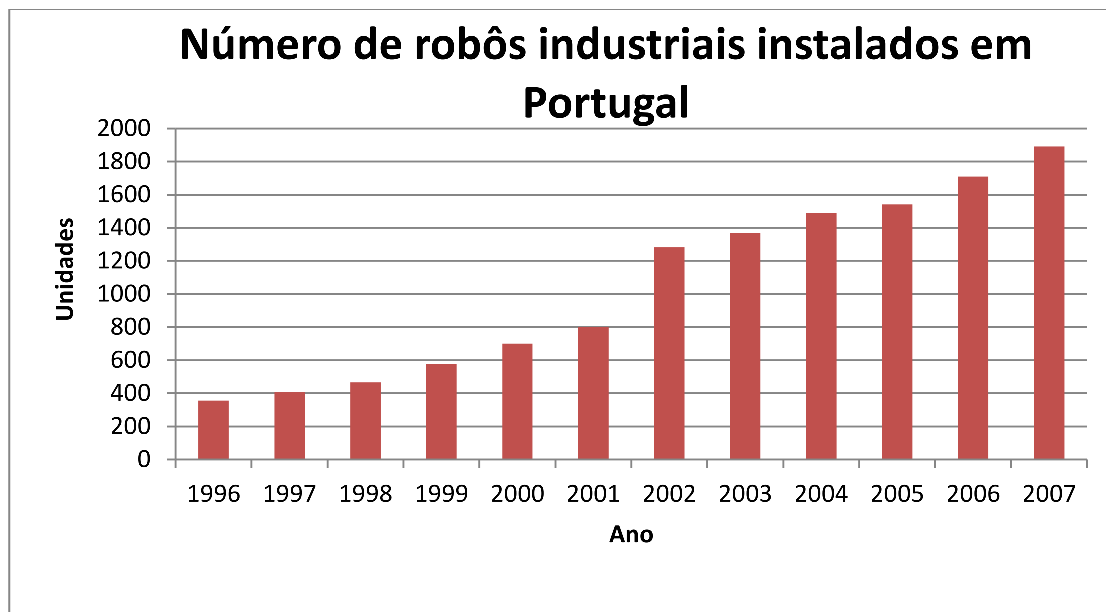


Figura 2-8: Variações dos números de robôs industriais instalados em Portugal [7,8,9,10].

Como podemos verificar, a implementação da robótica em Portugal, tem sofrido um aumento gradual ao longo dos anos, o que significa que as empresas estão a apostar nesta área para aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção.

Atualmente, os robôs antropomórficos constituem a maioria dos equipamentos instalados (estima-se que estejam em operação mais de duas mil unidades), enquanto os robôs cartesianos, associados a operação de descarga na maioria dos casos, representam cerca que algumas centenas. Mas, hoje em dia, encontramos também sistemas multibraço (consiste em robôs associados ao mesmo controlador), sistemas multi-eixo (robôs sincronizados com posicionadores de vários eixos), e sistemas equipados com sensores avançados (mediação *laser*, visão assistida por computador, força) ao nível das maiores economias mundiais.

2.3.2 Principais aplicações

No mercado nacional, os robôs antropomórficos têm como aplicação a soldadura por arco, soldadura por pontos, manipulação em geral (incluindo PPP – *Picking*, *Packing*, *e Palletizing ou Placing*), e carga/descarga de máquinas.

Pode-se então dizer que, tendo em conta a escala no que diz respeito à quantidade, em termos de avanços tecnológicos na área da robótica de manipulação industrial, Portugal se encontra ao nível das maiores economias mundiais, pois apresenta uma enorme variedade de aplicações.

Na indústria atual, é com bastante facilidade que encontramos robôs. O uso da robótica industrial vai desde as maiores empresas nacionais até às micro-empresas, sendo que, por vezes, estas chegam a ter número semelhante de trabalhadores e de manipuladores instalados.

A indústria automóvel é o grande cliente de manipuladores industriais (o caso da AutoEuropa e de alguns fabricantes de componentes, como, por exemplo, a HUF Portuguesa), que realizam tarefas de soldadura e manipulação. No entanto, os produtores de bens de consumo e equipamentos também apresentam alguma relevância.

Têm surgido novas aplicações para setores inesperados, como, por exemplo, da cortiça (produção de rolhas e paletização de aglomerados), da fruticultura (movimentação intermédia na embalagem e final de linha), do vinho (paletização), do calçado (colagem), do vidro (recolha do vidro para moldes e paletização), da madeira (paletização e movimentação intermédia), dos plásticos (extração de máquinas de injeção, soldadura, corte, controlo de qualidade) e dos moldes (maquinação).

2.4 Processo de paletização

2.4.1 Paletização de caixas

O processo de paletização de caixas consiste na movimentação de um local fixo, onde a caixa vai ser apanhada, para outro, um segundo local fixo, onde vão ser empilhadas as caixas. Um elemento muito importante da paletização é a velocidade do processo, ou seja, colocar as caixas em tempos aceitáveis e de forma eficiente, usando uma configuração de caixas definida por programação, sem ocupar muito espaço no local onde decorre o processo de paletização.

Numa célula flexível de fabrico destinada à paletização, o robô pode ser usado para as seguintes tarefas:

- Apanhar e posicionar uma ou mais caixas;
- Apanhar e posicionar folhas de papel, de um local onde estas se encontram, para o local onde se encontra a palete;
- Apanhar e posicionar paletes, de um local onde estas se encontram, para o local onde a palete deve ser colocada.

A função principal do robô é realizar o "*Picking and Placing*" (Apanhar e posicionar) caixas, mas, dependendo das rotinas programadas dos elementos de automação industrial que se tenham adquirido, e principalmente, do espaço que tenhamos, podemos usar as outras duas opções descritas.

Para o processo de manipulação de caixas, é preciso utilizar um sistema combinado de dois elementos: o elemento robô e a mão-presa (ou *gripper*), sendo esta desenvolvida especificamente para cada configuração de caixa.

Na maioria dos casos, usam-se ventosas ou sistemas pneumáticos, como, por exemplo, pinças, dedos ou cilindros pneumáticos, para se efetuarem os movimentos necessários para apanhar a caixa. Depois de apanhada a caixa, cabe ao robô realizar os movimentos necessários para a mover para a palete, que se encontra numa zona previamente definida.

A carga que um robô é capaz de transportar varia com a velocidade e com a distância do eixo ao punho. A figura 2-9 mostra que, quanto mais o punho for afastado do eixo, menor é a carga que podemos transportar.

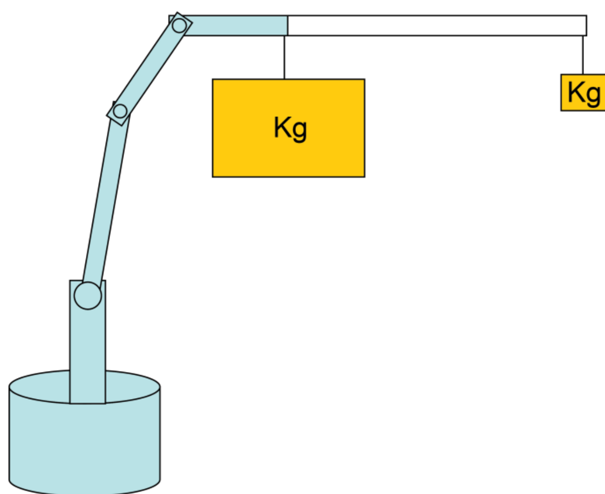


Figura 2-9: Capacidade de carga do robô [3].

Depois de realizada a paletização, as paletes são movidas do local através de transportadores, manualmente, por um operador, ou através de um Veículo Guiado Automaticamente (AGV), que podemos observar um exemplo na figura 2-10.



Figura 2-10: AGV transportador de paletes.

2.4.2 Processo rápido e eficiente

O segredo da automatização certa para cada aplicação está precisamente na análise rigorosa de diversas variáveis. A maneira como as caixas são colocadas exige um estudo pormenorizado, de forma a criar um *layout* otimizado, através do qual seja possível criar uma palete com estabilidade, que dê proteção às caixas, quando a palete esteja completa. Uma prática comum é a colocação de uma folha de papel entre as camadas, mas esta também podem ser colocadas no topo ou na base da palete.

Para que um processo de paletização seja rápido, é necessário que o robô também o seja. Para isso é preciso planear um *layout* otimizado, articulado com os elementos de automação industrial essenciais para a tarefa. A maneira mais flexível e eficiente para o processo de paletização consiste numa otimização específica de cada camada, com um número limitado de caixas. Por vezes, temos de utilizar o mesmo robô para várias zonas de colocação em palete, e assim sendo, temos de ter elementos de automação industrial necessários, que nos informem constantemente sobre todos os movimentos efetuados pelo robô, para que este não cometa erros nas diferentes pilhas de caixas.

Devido às pressões do mercado atual, que pede às empresas uma maior flexibilidade e capacidade de responder rapidamente a mudanças de curto-prazo nas condições de mercado, ou a pedidos urgentes de clientes, estas estão a responder a estes problemas, tornando a automação numa opção mais fiável, desenvolvendo sistemas pré-montados, permitindo a sua construção e atividade de forma rápida e fácil no local. Esses sistemas são fáceis de montar, testar e configurar, podendo assim, se necessário, serem realizadas reconfigurações de forma

simples e rápida pela equipa de manutenção e engenharia. Geralmente, este facto torna estes sistemas mais económicos na operação e manutenção.

3. Apresentação do problema

3.1 Introdução

Como já foi referido, na linha de produção de queijo da empresa Lactogal, Produtos Alimentares S.A., localizada na unidade fabril de Oliveira de Azeméis, o processo de paletização no setor de pesagem e etiquetagem do queijo ainda se realiza de forma manual. No sentido de alterar positivamente esta situação, pretende-se com este trabalho desenvolver um sistema de paletização robotizada que garanta a automatização completa do processo de paletização e, se possível, aumente o volume de produção atual nesta linha de fabrico da unidade fabril. Este projeto implica o desenvolvimento de hardware e software.

No que se refere ao hardware, este projeto envolve, por exemplo:

- Desenvolvimento de uma ferramenta para o robô executar a tarefa;
- Colocação de vários sensores e atuadores nas linhas de produção;
- Elaboração de uma interface robótica para o robô;
- Implementação de sistemas de segurança na linha de produção robotizada.

No que se refere ao software, as ferramentas a desenvolver no âmbito deste projeto devem permitir:

- O controlo e a monitorização remota de todas as funcionalidades dos robôs a utilizar no projeto;
- O desenvolvimento de aplicações que possibilitem a exploração remota do robô manipulador;
- O desenvolvimento de interfaces gráficas (*Graphical User Interfaces – GUI*) que disponibilizem informação *on-line* sobre o robô.

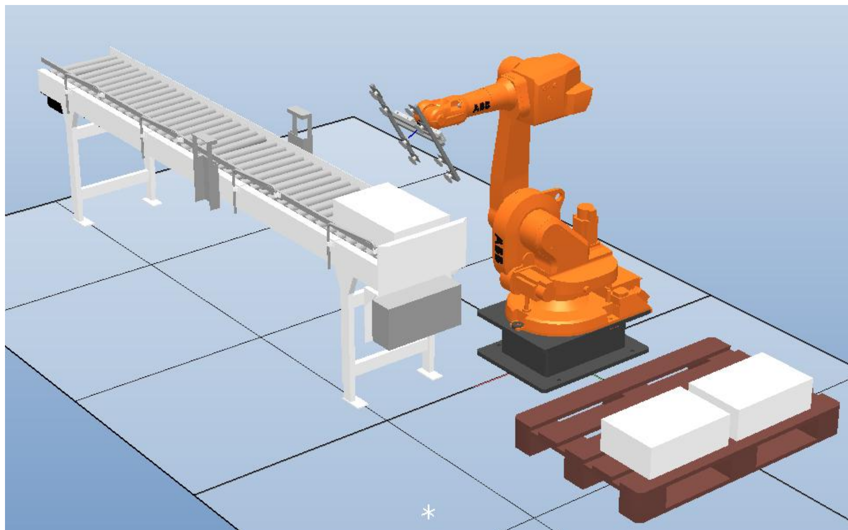
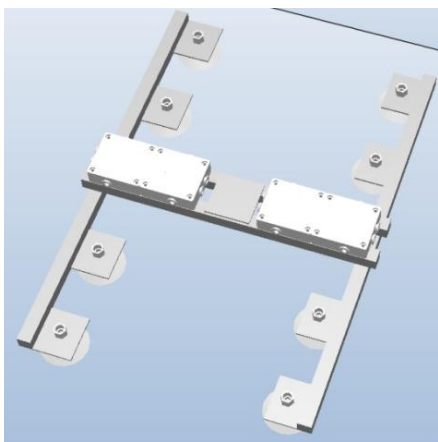


Figura 3-1: *Layout* do sistema em 3D.

Na figura 3-1, podemos ver um possível *layout* em 3D, que pode vir a ser instalado na unidade fabril. O *layout* pretende representar um sistema automatizado para paletização de caixas. O robô possui um órgão terminal dotado de ventosas que suspende cada caixa pela parte superior. As caixas chegam num transportador e, quando passarem num sensor, este indica a presença de uma caixa. Neste momento, o robô apanha e movimenta a caixa e, coloca-a sobre a palete. À medida que a palete de caixas é construída, o algoritmo presente no controlador do robô incrementa um contador de caixas e as coordenadas para o robô posicionar as caixas sobre a palete vão sendo recalculadas, até a palete estar formada na sua totalidade. Neste momento a palete é removida da estação por um operador.



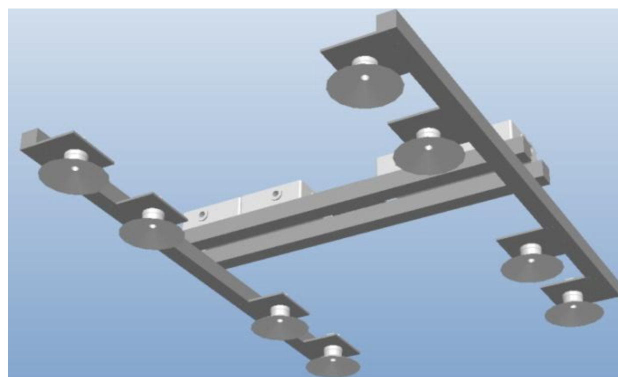


Figura 3-2: *Layout* 3D da ferramenta (vista de topo e da base, respetivamente).

Na figura 3-2, podemos ver um possível *layout* da ferramenta a desenvolver. Este *layout* apresenta uma ferramenta com ventosas de vácuo, que pode ser redimensionada manualmente pelo operador, para diferentes tipos de caixas.

A escolha de ventosas de vácuo surge por ser uma tecnologia muito usada na indústria de paletização e por nos garantir que conseguíamos uma ferramenta bastante maneável.

3.2 Hardware disponível

Depois de apresentado o contexto geral do problema, será apresentado de seguida o *hardware* disponível para o estudo e uma breve descrição deste.

Serão apresentadas as características do robô disponível e o seu controlador, como também, as especificações dos elementos que constituem a ferramenta de trabalho, bem como, todos elementos de automação industrial que serão usados na construção do sistema de paletização robotizado.

3.2.1 Robô e Controlador

O robô apresentado na figura 3-3 é o ABB IRB 1600-6/1.45m. Este manipulador apresenta uma estrutura antropomórfica com punho esférico e está vocacionado para operações de soldagem a arco, de fundição, de manutenção de máquinas, manuseio de materiais, moldagem por injeção, montagem e embalagem. É um robô muito versátil e flexível, que pode ser instalado em ambientes bastante agressivos. O braço possui seis articulações de rotação, possuindo assim seis graus de liberdade. Este robô tem capacidade de seis quilogramas (kg) de capacidade de carga com uma repetibilidade de ± 0,05mm.

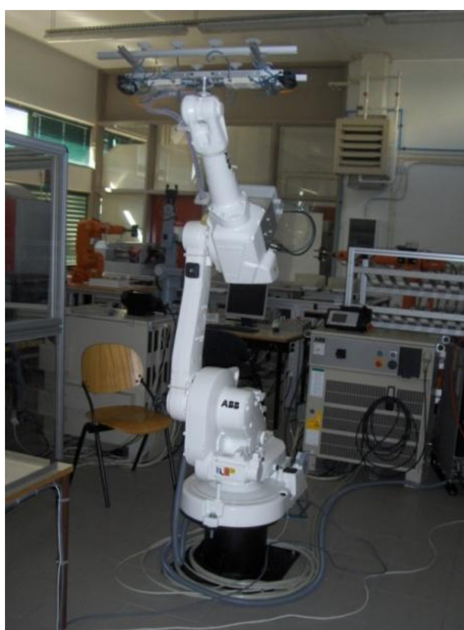


Figura 3-3: Robô ABB IRB 1600.

Como se pode ver na figura 3-4, este robô pode ser montado de diferentes maneiras (parede, chão, invertido ou inclinado), faz com que o ABB IRB 1600 esteja pronto para atender às mais altas exigências do mercado industrial.



Figura 3-4: Várias posições de montagem do IRB 1600.

Na figura 3-5, podemos observar o volume de trabalho do robô ABB IRB 1600 usado no desenvolvimento do trabalho prático. Este robô tem um alcance máximo de 1.45m.

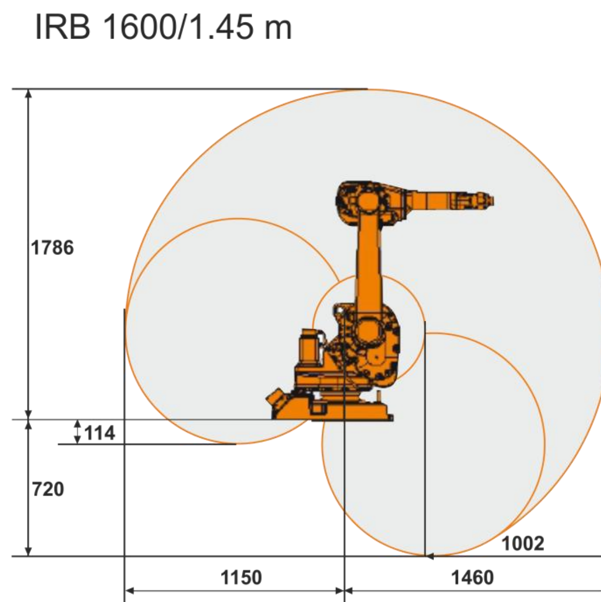


Figura 3-5: Volume de trabalho.

Quadro 3-1: Principais características do robô ABB IRB 1600 [11].

Principais características do robô ABB IRB 1600	
Tipo	Antropomórfico
Referência	ABB IRB 1600/1.45
Número de eixos	6
Movimento dos eixos Eixo 1 Eixo 2 Eixo 3 Eixo 4 Eixo 5 Eixo 6	 +180º até -180º +150º até -90º +65º até -245º +200º até - 200º +115º até - 115º +400º até -400º
Velocidade dos eixos Eixo 1 Eixo 2 Eixo 3 Eixo 4 Eixo 5 Eixo 6	 150º/s 160º/s 170º/s 320º/s 400º/s 460º/s
Carga máxima	6 kg
Dimensões da base do robô	484 x 648 mm
Altura total	1294,5 mm
Massa	250 kg
Repetibilidade	± 0.05 mm

No quadro 3-1, podemos ver as principais características do ABB IRB 1600 instalado no laboratório de Automação da ESTGV.

Como qualquer outro robô industrial, o ABB IRB 1600, é controlado por um sistema eletrónico computorizado (controlador), que é o responsável pela tarefa de controlar a estrutura mecânica, coordenando a ação dos motores das juntas de acordo com a informação sensorial de posição e velocidade (e, por vezes, de aceleração) e do movimento a executar, o qual foi programado anteriormente. Isso significa capacidade de programação local, armazenamento de informação, bem como, algoritmos de controlo e planeamento de trajetórias que descrevem a estrutura mecânica e o respetivo movimento. Por isso, dadas as exigências de precisão e velocidade das atuais estruturas de produção, aliadas a uma constante evolução de produtos que exige dos equipamentos de produção uma grande flexibilidade, os sistemas de controlo de robôs industriais são bastante avançados. Os controladores usam tipicamente multiprocessadores, baseados num *BUS* paralelo industrial *standard* ou usando um mecanismo de comunicação interno série de alta velocidade (PROFIBUS,RS485, CAN, etc.). Utilizam normalmente sistemas operativos em tempo real, que, de maneira geral, são

baseados no UNIX. São sistemas de utilização essencialmente local, que disponibilizam uma linguagem de programação estruturada (no caso do ABB IRB 1600, é o *Rapid*, muito semelhante ao PASCAL), livrarias de funções avançadas de manipulação e controlo de posição, possibilidade de gestão de programas e ficheiros, bem como dispositivos de interface com o utilizador. Normalmente, o interface com o utilizador apresenta-se numa consola, que é constituída por um *LCD*, um teclado, botão de paragem de emergência e, eventualmente, um *joystick*.



Figura 3-6: Controlador IRC5 com *Flexpendant*.

A figura 3-6 mostra o controlador associado ao robô ABB IRB 1600, é um IRC5 com *Flexpendant*. Este controlador é um multiprocessdor, com processador Pentium®, com capacidade de memória *compact flash*. Utiliza a linguagem de programação de alto nível, *Rapid*, linguagem essa orientada a objetos. O software do controlador é o *RobotWare* com a versão 5.11.01.

Este apresenta duas cartas lógicas com 16 entradas e 16 saídas digitais, cada uma, mas com possibilidade de expansão, uma porta série RS 232/RS 422. Apresenta também dois canais de comunicação através de LAN e porta de serviço, para comunicação permanente e não permanente, respetivamente. Utiliza os protocolos de comunicação DeviceNet™, PROFINET e PROFIBUS DP para o sistema de entradas e saídas.

A interface com o utilizador funciona através de uma consola que é constituída por um *LCD touch screen*, botão de paragem de emergência e um *joysitck*.

Quadro 3-2: Principais características do controlador IRC5 [12].

Principais características do controlador IRC5	
CPU	Pentium®
Memória *Compact Flash*	256 Mb
DRAM	256 Mb
Comunicação	Porta série RS 232/RS 422 2 canais *Ethernet*
Entradas/Saídas	2 cartas lógicas com 16/16.
Linguagem de Programação	*Rapid*
Fontes de alimentação internas	Digitais:+24 VDC Analógicas: 2 x 0-10V, 3 x ± 10V, 4 x 20 mA
Massa	150 kg

No quadro 3-2, podemos ver as principais características do controlador instalado no laboratório de Automação da ESTGV.

3.2.2 Elementos que constituem a ferramenta de trabalho

Para as finalidades em causa, a ferramenta de trabalho (*gripper*) deverá ser robusta, capaz de transportar caixas com várias dimensões, e que assegure que estas são transportadas em segurança.

Com todas estas características, esta ferramenta permite uma fácil utilização e manutenção. Na sua constituição entram perfis de alumínio de 15*15 mm, injetores de vácuo, sensores óticos com fibra-ótica, ventosas de silicone côncavas, com diâmetro de 50 mm, e componentes de vácuo necessários (tubos, ligadores, entre outros). Passaremos a analisar cada um destes constituintes.

A utilização dos perfis de alumínio de 15*15 mm deve-se ao facto de o alumínio ser um material robusto e bastante leve. Mas este apresenta ainda outras vantagens: apresenta um perfil bastante maneável para ser trabalhado e dá-nos garantia de segurança para o transporte das caixas.



Figura 3-7: Perfil de alumínio utilizado.

Na figura 3-7 podemos observar o perfil escolhido. A opção de este ter 15*15 mm, deve-se ao facto de este se encontrar disponível em *stock* nas instalações da ESTGV.

Para movimentar as caixas é necessário criar vácuo para que as ventosas peguem nas caixas com segurança. O vácuo consiste nas pressões inferiores à pressão atmosférica. O vácuo é medido a partir do zero relativo (pressão atmosférica) como uma pressão negativa, sendo o valor máximo de -1,013 bar (vácuo absoluto). A diferença das pressões entre o vácuo e a pressão atmosférica convenientemente aplicada sobre superfícies, resultará numa força de sucção que permite a possibilidade de deslocamento de objetos.

Os geradores de vácuo são componentes onde este pode ser obtido utilizando-se ar comprimido como combustível. Estes operam segundo o princípio de *Venturi*, não precisando portanto de partes móveis. O ar comprimido passa por um tubo ou difusor em alta velocidade, gerando desta forma vácuo. Na figura 3-8, podemos observar os injetores de vácuo utilizados na construção do órgão terminal.



Figura 3-8: Modelo utilizado.

Quadro 3-3: Principais características do injetor de vácuo [13].

Principais características do injetor de vácuo	
Fabricante	SMC
Referência	ZH10BS-06-06
Diâmetro do *Venturi*	1 mm
Tipo de corpo	Tipo caixa (Silenciador incorpoardo)
Pressão máx. de vácuo	- 48 kPa
Caudal máx. de sucção	24 ℓ/min
Consumo de ar	46 ℓ/min
Conexão	Alimentação: Rosca ø6 $^1/_8$ Vácuo: Rosca ø6 $^1/_8$
Massa	33 g

No quadro 3-3, podemos ver as principais características do gerador de vácuo escolhido, a utilização deste tipo de injetores, deve-se ao facto de estes se encontrarem disponíveis em *stock* nas instalações da ESTGV e nos garantirem segurança para gerarem o vácuo necessário para o transporte das caixas.

Utilizaram-se oito geradores, um para cada ventosa, porque assim asseguraríamos que era gerado o vácuo suficiente para o transporte das caixas em condições aceitáveis.

Optou-se pela utilização de ventosas, por ser uma tecnologia capaz e muito utilizada na indústria em processos de paletização, pois garantem-nos fácil manutenção. As ventosas são utilizadas na automação industrial como elementos de fixação e transporte de peças, em máquinas engarrafadoras, no transporte de chapas, vidros, placas, em geral onde a manipulação através de outro sistema se torna muito difícil devido à sua geometria. As ventosas são geralmente fabricadas com elastómeros sintéticos, inalteráveis perante os agentes industriais e com diferentes tamanhos, atendendo às necessidades de massa e dimensão dos diferentes tipos de peças a serem manipuladas.

Como as caixas de queijo da linha de produção apresentam entre 12 a 13kg de massa, pensámos adquirir ventosas que suportassem uma margem ligeiramente superior, cerca de 15 kg. Para a escolha das ventosas, pedimos ajuda a um fornecedor de dispositivos de automação industrial habitual da ESTGV. As ventosas sugeridas foram do modelo ZPT50US-B01 da SMC. Estas ventosas são feitas de silicone com um diâmetro de 50 mm e apresentam-se como concavidades. Na figura 3-9, podemos presenciar o modelo utilizado na ferramenta de trabalho.

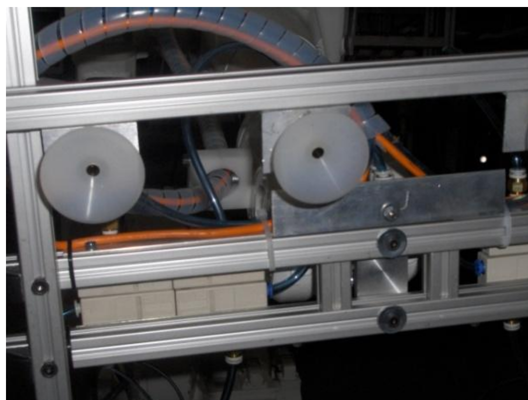


Figura 3-9: Modelo utilizado.

Quadro 3-4: Principais características das ventosas [13].

Principais características das ventosas	
Fabricante	SMC
Referência	ZPT50US-B01
Diâmetro	50 mm
Tipo de ventosa	Tipo plana
Forma da ventosa	Côncava
Material	Silicone
Conexão da ventosa	Rosca fêmea $^1/_8$

No quadro 3-4 podemos ver as principais características das ventosas escolhidas. Foram utilizadas oito ventosas na construção do órgão terminal.

A ferramenta de trabalho também apresenta um sistema de deteção de queda das caixas. Para esse efeito, decidiu-se utilizar sensores óticos de fibra ótica. Os sensores óticos com fibra ótica apresentam a vantagem de poderem ser aplicados em locais de difícil acesso, onde é impossível alojar um sensor fotoelétrico comum, ou, ainda, em locais onde a temperatura de operação não permite a instalação dos sensores fotoelétricos. Os sensores fotoelétricos com fibra ótica são constituídos por duas partes, o amplificador e a cabeça de deteção. O amplificador contém o emissor (a fonte de luz) e o recetor (detetor) juntamente com os respetivos componentes eletrónicos. O cabo de fibra ótica é o meio utilizado para transferir a luz até a cabeça de deteção. A fonte de luz (um LED) transmite o feixe de luz pelo cabo de fibra ótica refletindo sucessivamente a luz na fronteira entre o núcleo de fibra e a sua bainha. Ao chegar ao fim da fibra, a luz dispersa-se na extremidade, como mostra na figura 3-10.

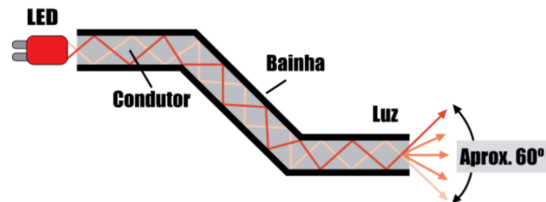


Figura 3-10: Princípio de funcionamento da fibra ótica[15].

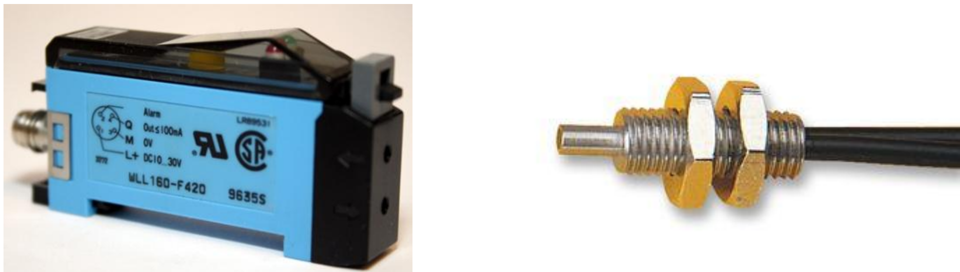


Figura 3-11: Sensor ótico e a cabeça do sensor utilizados.

A figura 3-11 mostra o sensor utilizado, o WLL160-E420 da SICK.

No quadro 3-5, podemos observar as principais características do sensor ótico com fibra ótica.

Quadro 3-5: Principais características do sensor ótico [14].

Principais características do sensor ótico	
Fabricante	SICK
Referência do sensor	WLL160-E420
Referência do cabo	LL3-DB01
Fonte de luz	LED
Tipo de luz	Luz vermelha
Comutação de saída	NPN com coletor aberto

Na mão presa desenvolvida foram implementados dois destes sensores. A utilização deste tipo de sensor e cabo deve-se apenas ao facto de estes se encontrarem disponíveis em *stock* nas instalações da ESTGV.

3.2.3 Sensores de deteção das caixas e segurança

Os sensores utilizados para deteção de presença das caixas e segurança são do modelo E3Z-D82-G2SHW-05 da OMRON, que podemos observar na figura 3-12. Este sensor é um sensor de presença ótico, ou seja, estes sensores utilizam feixes luminosos, normalmente na zona do infravermelho e do vermelho. O tipo utilizado é um sensor por reflexão difusa, isto é, este tipo

de sensor incluem um emissor e um recetor no mesmo corpo, de forma, que é necessário um material refletor para garantir o seu funcionamento.

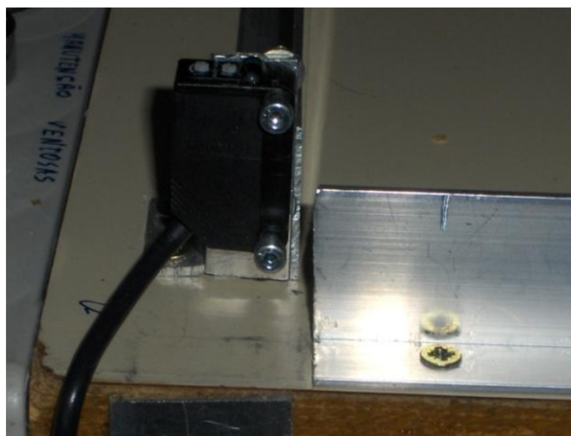


Figura 3-12: Modelo utilizado.

Quadro 3-6: Principais características do sensor ótico escolhido [15].

Principais características do sensor ótico	
Tipo de deteção	Reflexão difusa
Forma de saída	Saída PNP
Distância de deteção	1 m
Funções adicionais	Comutação da intensidade de luz
Funções de temporizador	Sem temporizador
Fonte de luz	Luz infravermelhos
Tipo de sensor	Conjunto emissor/recetor Retro-refletor
Método de ligação	Pré-cablado 0,5 m

No quadro 3-6, podemos ver as principais características do sensor ótico escolhido.

3.2.4 Sensores de contacto

Para detetar a presença de paletes, pensou-se construir uma estrutura onde estas podem-se ser colocadas. Optou-se pela utilização de sensores de contacto para detetar a presença de palete pois são muito usados em aplicações industriais e são de utilização fácil e muito baratos. O modelo dos sensores utilizado é D4B-4116N da OMRON, que é um sensor que se apresenta com um corpo metálico robusto ideal para a instalação no porta-paletes. O sensor apresenta uma alavanca com rolete ajustável como se pode observar na figura 3-13. Quando a alavanca é acionada, o sensor é ativado.



Figura 3-13: Modelo utilizado.

Quadro 3-7: Principais características do sensor escolhido [15].

Principais características do sensor de contacto	
Durabilidade	Mecânica: 30.000.000 operações, no mínimo (ação rápida). 10.000.000 operações, no mínimo (ação lenta). Elétrica: 500.000 operações, no mínimo (a 250 VAC, 10 A de carga resistiva)
Velocidade de funcionamento	1 mm/s a 0,5 m/s
Frequência de funcionamento	Mecânica: 120 operações/min. Elétrica: 30 operações/min.
Corrente de curto-circuito condicional	100 A
Massa	250 g

No quadro 3-7, podemos observar as principais características do sensor escolhido.

4. Proposta de solução

4.1 Introdução

Este capítulo apresenta uma possível solução para o processo de paletização robotizada da linha de produção do queijo. Nesta proposta, o robô deve ir buscar caixas a um ponto fixo e então calcular as coordenadas cartesianas de destino do material. Estas coordenadas baseiam-se nas dimensões da palete e de cada caixa. A proposta apresentada, ao contrário do que se passa no mercado atual, pretende ser uma solução bastante abrangente e não se limitar a um tipo de caixa e de palete.

4.2 Hardware desenvolvido

O hardware é um elemento essencial em qualquer sistema de paletização, pois temos de garantir que este se adapta à função desejada com o melhor desempenho. Na figura 4-1, podemos observar a célula flexível de fabrico desenvolvida. De seguida, será apresentado o hardware desenvolvido para o estudo e uma breve descrição deste.



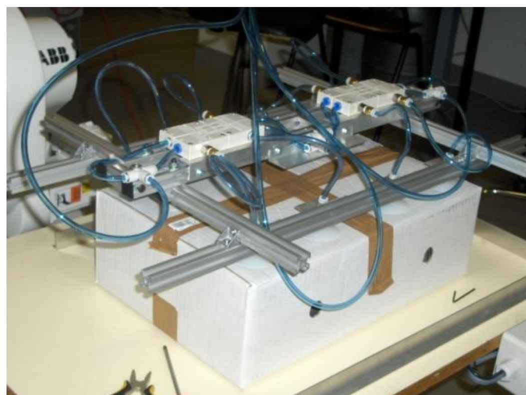
Figura 4-1: Célula flexível desenvolvida.

4.2.1 Ferramenta de Trabalho

A ferramenta desenvolvida exibe uma estrutura sólida e apresenta a possibilidade de transportar caixas com várias dimensões pois permite ao operador que este altere as dimensões da ferramenta com facilidade.

Todos os elementos da sua constituição têm o objetivo que o manuseio das caixas seja feito de forma rápida e segura. Os elementos implementados para esse efeito são: perfil de alumínio de 15*15 mm, injetores de vácuo, sensores óticos com fibra ótica, ventosas de silicone côncavas e componentes de vácuo necessários (tubos, ligadores, entre outros).

Os perfis de alumínio constituem a estrutura rígida da ferramenta, os elementos pneumáticos (injetores e outros componentes de vácuo) e as ventosas servem para criar o vácuo necessário para a movimentação das caixas. Os sensores óticos com fibra ótica detetam a queda das caixas quando estas estão a ser manipuladas pelo robô. O resultado final da construção da ferramenta pode-se observar na figura 4-2.



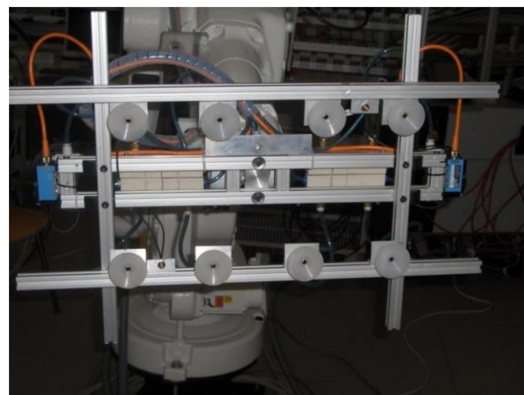


Figura 4-2: Ferramenta desenvolvida (vista de topo e da base).

4.2.1.1 Teste ao órgão terminal desenvolvido

As caixas de queijo pesam entre 12 a 13 kg de massa quando completas, e como adquirimos ventosas que suportassem cerca de 15 kg, pensamos verificar se a ferramenta conseguiria suportar caixas com diferentes massas. Enchemos uma caixa com as seguintes massas: 12, 13.5, 15, 17 e 18 kg. A tabela 4-1 apresenta os resultados obtidos dos testes a que a ferramenta foi sujeita. O órgão terminal não se encontrava integrado no robô pois, como referido anteriormente, este só tem 6 kg de capacidade de carga.

Quadro 4-1: Testes realizados à ferramenta de trabalho.

Testes realizados ao conjunto ferramenta de trabalho e caixa com massa	
Massa	**Resultado**
12 kg	A ferramenta suporta a massa da caixa com facilidade durante bastante tempo e quando sujeitada a grandes movimentações, tanto as ventosas a provocar vácuo como a estrutura da ferramenta, dão segurança para que a caixa não caia.
13.5 kg	Verificam-se as condições para 12 kg, apesar de termos tido um ligeiro aumento de massa.
15 kg	Igual para 12 e 13.5 kg.
17 kg	Para esta massa a ferramenta consegue suportar a caixa durante muito tempo mas se submetida a grandes agitações, o vácuo criado nas ventosas deixa de ser suficiente e a ferramenta deixa cair a caixa.
18 kg	Semelhante aos 17 kg por caixa.

Como podemos verificar na tabela 4-1, as ventosas adquiridas apresentam um máximo rendimento e maior segurança para as massas de 12, 13.5 e 15 kg mas para massas superiores a 15 kg, massa esta que pedimos ao fornecedor de material de vácuo que as ventosas suportassem, a ferramenta não é segura quando sujeita a grandes agitações.

4.2.2 Plataforma para colocação de paletes

Desenvolvemos uma plataforma em perfis de alumínio de 20*20mm, onde fosse possível a colocação de paletes onde vão ser colocadas as caixas. Apresenta a configuração que é vista na figura 4-3, também se verifica na figura a presença de quatro sensores de contacto com alavanca de rolete ajustável, estes sensores têm o objetivo de indicar se as paletes estão posicionadas corretamente.



Figura 4-3: Porta paletes construído (vista de topo e da base).

4.2.3 Transportador de caixas

Como não foi possível a escola adquirir um transportador, implementou-se numa mesa os elementos de automação industrial necessários para simular um transportador, como se ilustra na figura 4-4.



Figura 4-4: Mesa usada para simular o transportador.

Implementaram-se na mesa três sensores fotoelétricos, um que deteta-se a presença das caixas e outros dois que servissem de barreiras de segurança, como se ilustra na figura 4-5.



Figura 4-5: Sensores implementados na mesa.

Implementou-se também uma botoneira que ajuda o operador a ter uma noção do que se está a passar com o processo. A figura 4-6 ilustra a botoneira desenvolvida incorporada na mesa.



Figura 4-6: Botoneira desenvolvida.

4.2.4 Interface Robótica

Para que os sistemas tenham uma noção real do ambiente em que estão inseridos e do que se está a passar no momento é necessário, através de todos os elementos de automação industrial, que este obtenha informação para realizar os processos de forma rápida e eficiente.

Apresenta-se de seguida a interface robótica implementada na célula flexível de fabrico. Nos quadros 4-2 e 4-3 apresentam-se as entradas e saídas digitais no controlador do robô, respetivamente.

Quadro 4-2: Interface Robótica (Entradas).

Entradas	
Posição no IRB1600	**Descrição**
DI10_1_AR_OK	Verifica a pressão do ar comprimido
DI10_4	Sensor ótico que deteta a queda de caixas número 1
DI10_5	Sensor ótico que deteta a queda de caixas número 2
DI10_6	Botão “Posição de Manutenção 1”
DI10_7	Botão “Ventosa ON/OFF”
DI10_9	Sensor ótico que deteta a presença de caixas no tapete
DI10_10	Sensor de contacto que deteta a presença de palete número 1
DI10_11	Sensor de contacto que deteta a presença de palete número 2
DI10_12	Sensor de contacto que deteta a presença de palete número 3
DI10_13	Sensor de contacto que deteta a presença de palete número 4
DI10_14	Botão “Fim de Palete”
DI10_15	Botão “Fim na Caixa Atual”
DI10_16	Botão “Emergência”
DI11_1	Botão “Posição de Manutenção 2”
DI11_2	Botão “OK” do operador
DI11_3	Sensores óticos de Segurança

Quadro 4-3: Interface Robótica (Saídas).

Saídas	
Posição no IRB1600	**Descrição**
DO10_2	Desativa a Electroválvula 1
DO10_3	Ativa a Electroválvula 2
DO10_4	Desativa a Electroválvula 2
DO10_5	Ativa a Electroválvula 3
DO10_6	Desativa a Electroválvula 3
DO10_7	Ativa a Electroválvula 4
DO10_8	Desativa a Electroválvula 4
DO10_9	Luz Vermelha
DO10_10	Luz Laranja
DO10_11	Luz Verde
DO10_12	Ativa a Electroválvula 1

4.3 Descrição do algoritmo desenvolvido

4.3.1 Introdução

O algoritmo foi desenvolvido através da linguagem de alto nível *Rapid*, linguagem essa que é usada na programação de robôs da ABB.
A função principal da aplicação é dar ao operador várias opções antes de este iniciar a paletização. Nesse sentido, este tem a opção de criar uma paletização introduzindo todos os dados necessários das dimensões das caixas e palete, bem como o número de camadas que se desejam em cada palete. Existe outra função onde foram anteriormente pré-definidos parâmetros relativos à caixa, palete e camadas, no entanto, estes podem ser alterados e guardados sempre que necessário.

A aplicação apresenta também funções de alarmes e de dados de produção. Para uma melhor compreensão da descrição deve-se consultar a algoritmo, que se encontra em anexo digital. A aplicação de interface entre o controlador e o operador foi desenvolvida através da aplicação *ScreenMaker*, aplicação essa disponibilizada no software de simulação *RobotStudio* da ABB, que possibilita a criação e simulação *offline* de sistemas flexíveis de fabrico. Essa aplicação tem como objetivo dar ao operador, através de uma interface intuitiva, todas as opções programadas.

Para uma melhor compreensão do programa desenvolvido criou-se um manual do utilizador que ajuda a entender como o sistema funciona, o manual pode ser consultado no anexo 1.

4.3.2 Tarefa principal

A tarefa principal confere ao sistema de paletização a gestão deste, permitindo ao operador ter acesso a várias opções.

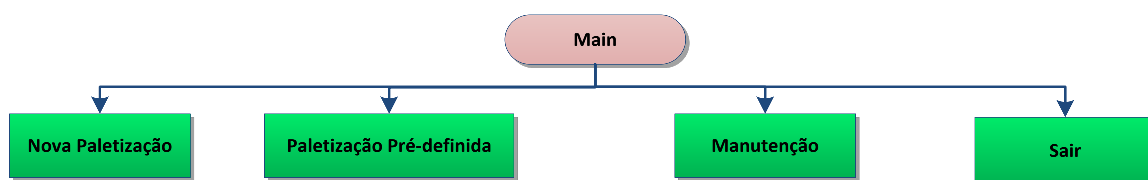


Figura 4-7: Fluxograma do algoritmo da Main (Principal).

A figura 4-7 mostra o algoritmo desenvolvido para a tarefa principal, que apresenta a seguinte configuração:

- Menu “Nova Paletização”: apresenta-se como o procedimento em que o operador introduz as dimensões da caixa e da palete;

- Menu “Paletização Pré-Definida”: apresenta-se como o procedimento em que o operador escolhe as dimensões da caixa e da palete, tendo estas sido guardadas previamente;
- Menu “Manutenção”: apresenta-se como o procedimento em que o operador pode realizar a manutenção na célula flexível de fabrico;
- Menu “Sair”: apresenta-se como o procedimento de paragem da aplicação.

Para complementar o algoritmo foi desenvolvida, paralelamente, a aplicação *GUI* que segue as indicações que foram programadas em *Rapid* no algoritmo. Na figura 4-8, ilustra-se o menu principal visto pelo operador na consola HMI, que apresenta os menus do algoritmo, descritos anteriormente. Esta figura apresenta ainda os menus de “Monitor”, através do qual o operador tem acesso a toda a informação sobre o que se está a passar com o processo, bem como o menu “Produção”, que dá acesso a toda a informação sobre a produção.

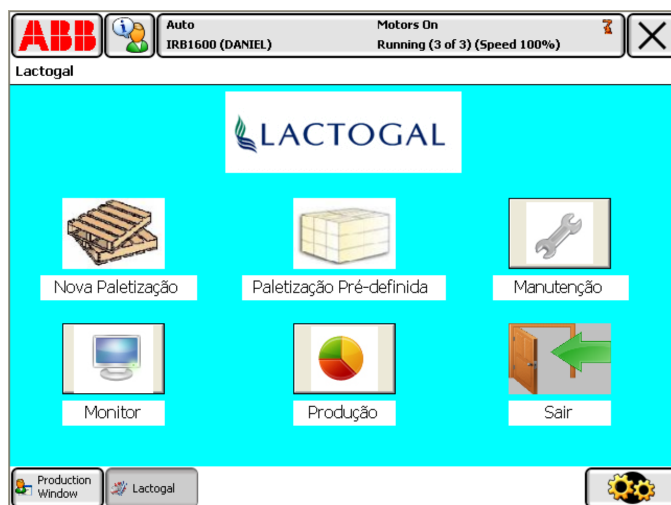


Figura 4-8: Menu principal da aplicação desenvolvida.

De seguida, serão apresentados todos os menus desenvolvidos em programação *Rapid* e também as respetivas janelas *GUI* de cada menu.

4.3.2.1 Nova Paletização

O primeiro passo consiste em escolher a opção “Nova Paletização”, e de seguida, será necessário introduzir os dados relativos às dimensões da caixa e palete, mas também o número de camadas pretendidas, como se mostra na figura 4-9.

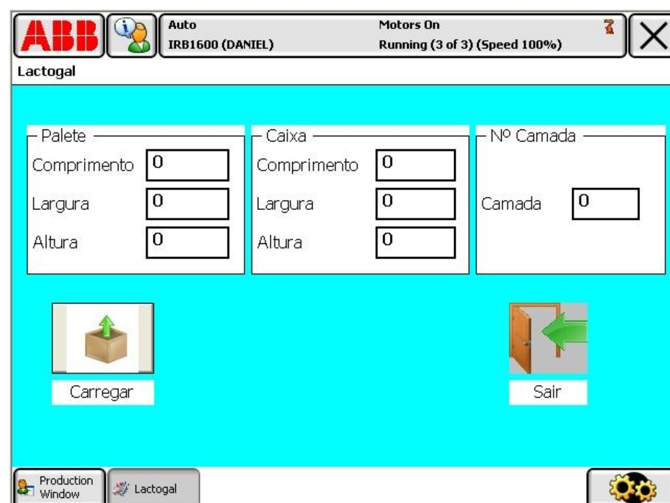


Figura 4-9: Menu "Nova Paletização.

Seguidamente, é necessário "Carregar" os dados. Depois dos dados carregados, o algoritmo pergunta se se "Pretende aumentar o afastamento entre as caixas?", como ilustra a figura 4-10.

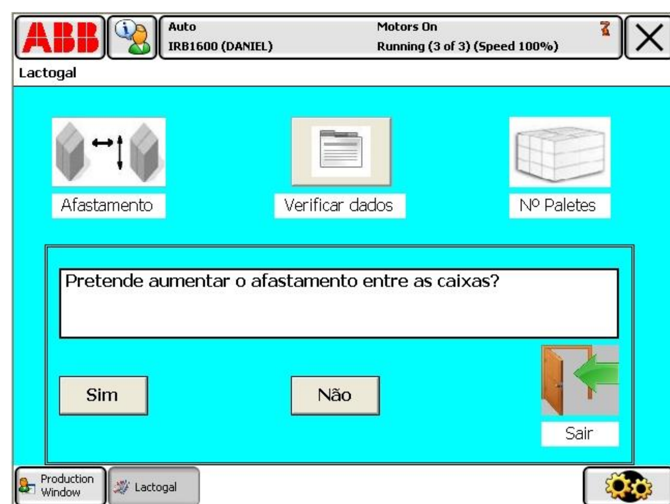


Figura 4-10: Janela de informação.

Se a resposta for negativa, passa-se para a próxima etapa, "Verificar Dados", se a resposta for positiva, o algoritmo pergunta ao utilizador qual o tipo de afastamento que pretende implementar: "Largura", "Comprimento" ou "Largura+Comprimento". Em qualquer dos casos escolhidos, o espaçamento pré-definido é 15 mm e 30 mm, como mostra a figura 4-11.

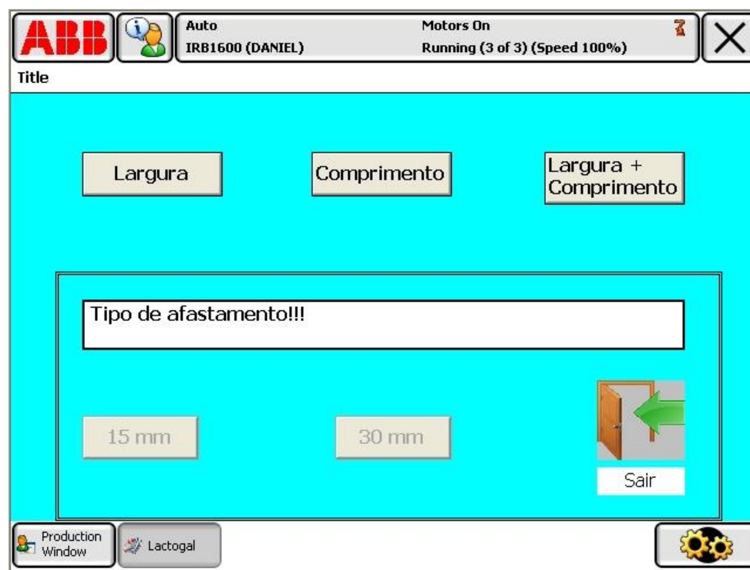


Figura 4-11: Menu onde se define o afastamento entre caixas.

Depois de concluída a rotina de afastamento, passa-se para a etapa “Verificar Dados”.

Na função “Verificar Dados”, o utilizador verifica se os dados introduzidos anteriormente são os que pretendia, caso isso não se verifique, pode alterar os dados introduzidos. Depois de verificados, é necessário “Carregar” novamente os dados, como se pode ver na figura 4-12.

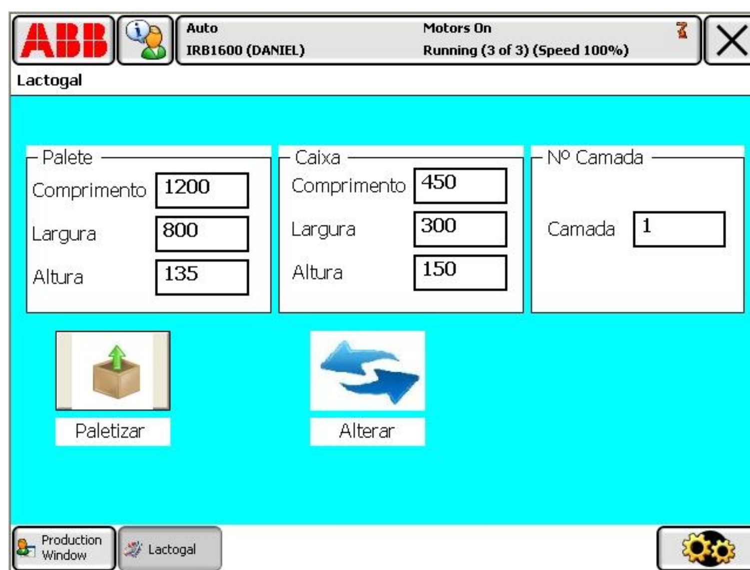


Figura 4-12: Janela do menu “Verificar dados”.

Como se pode verificar na figura 4-13, é perguntado ao operador se pretende “Paletizar em Modo Contínuo”. Se a resposta for negativa, o algoritmo passa para a etapa “Verificar posição da palete”; se a resposta for positiva, pede ao utilizador para este introduzir o número de paletes que deseja, como se ilustra na figura 4-14.

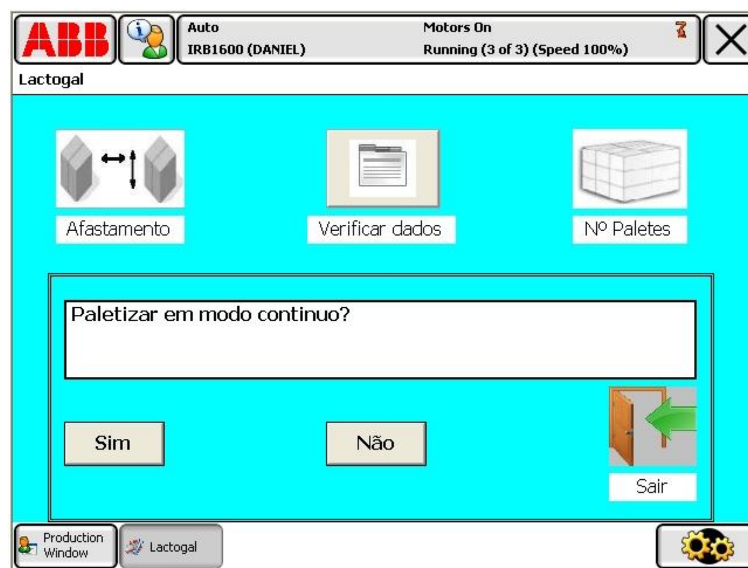


Figura 4-13: Janela de informação.

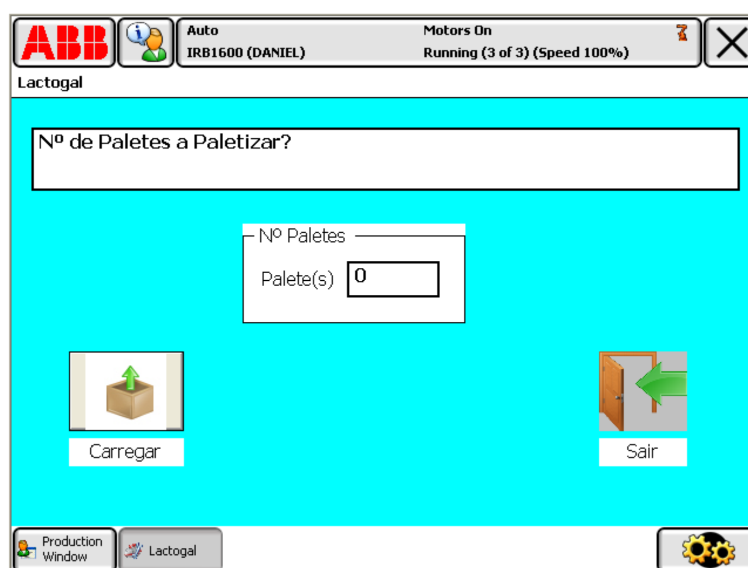


Figura 4-14: Janela do menu "Nº de Paletes".

Depois dessa função, passa para a função "Verificar posição da palete". O algoritmo permanece nesta etapa até se verificar que as paletes se encontram na posição correta. Depois desta verificação, executa-se o processo de paletização. Em qualquer parte do algoritmo, antes da etapa "Verificar posição da palete", pode-se voltar ao menu principal (Main). A figura 4-15 mostra o fluxograma que demonstra todo o que foi referido anteriormente.

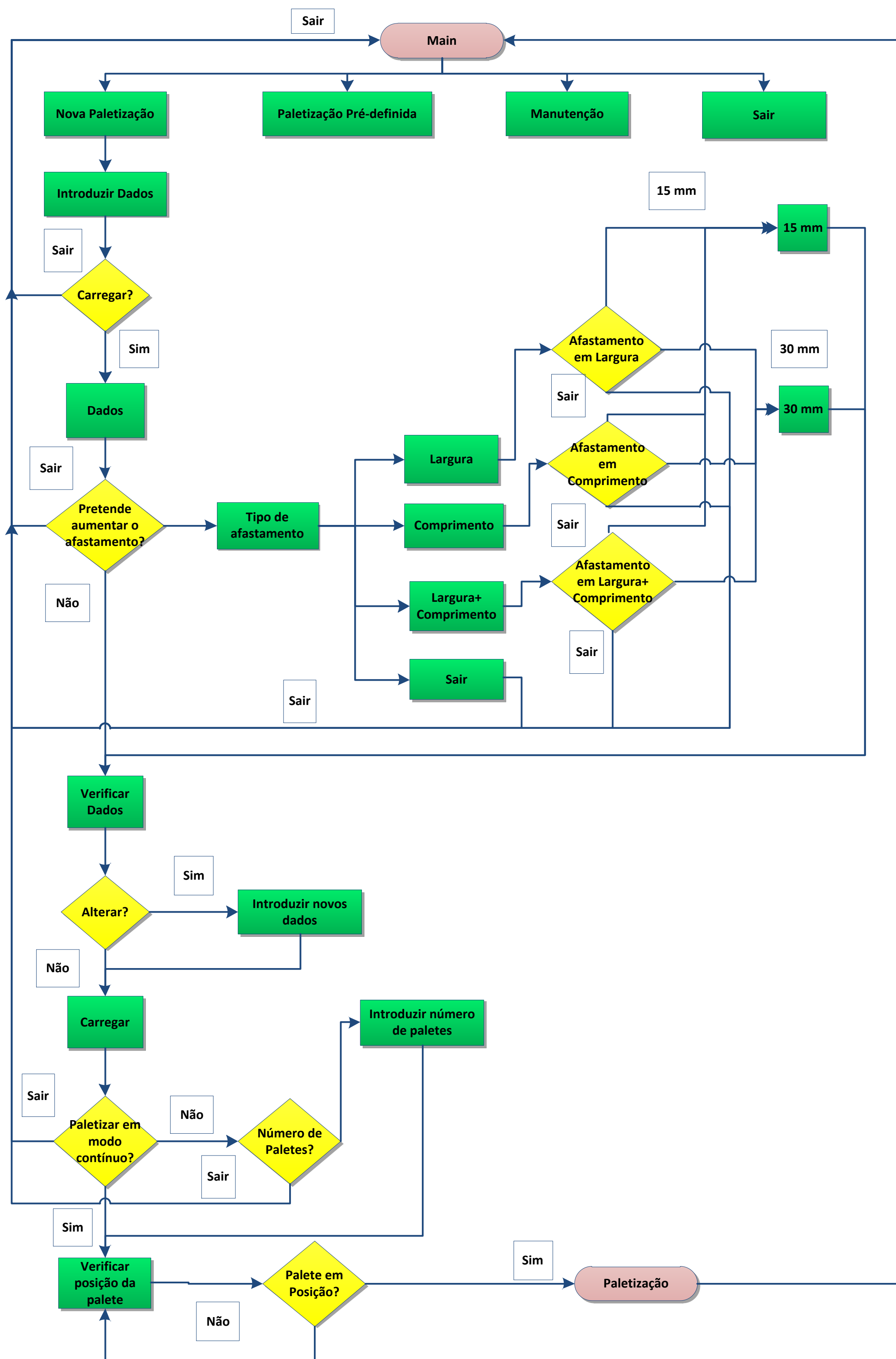


Figura 4-15: Fluxograma da “Nova Paletização”.

4.3.2.2 Paletização Pré-definida

O processo "Paletização Pré-definida" é muito semelhante ao processo "Nova Paletização". As diferenças residem na possibilidade de os dados se encontrarem guardados previamente e de o operador poder escolher entre três tipos, como se verifica na figura 4-16.

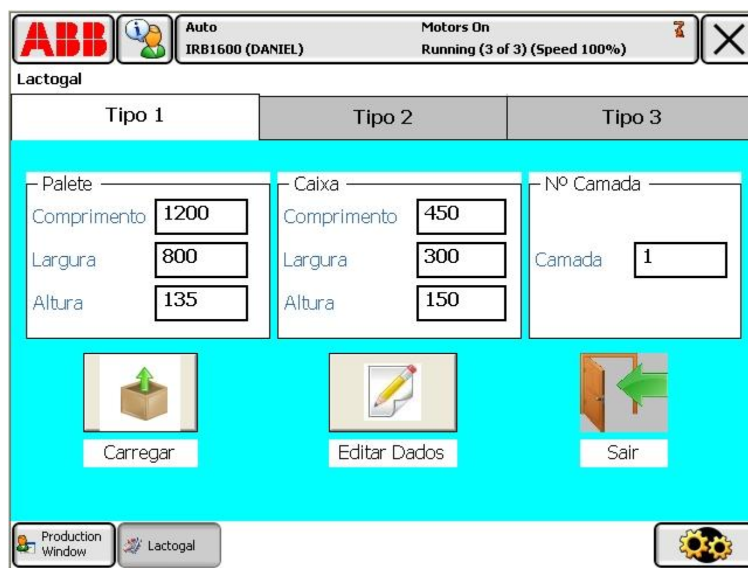


Figura 4-16: Janela do Menu "Paletização Pré-Definida".

Os dados podem ser alterados na opção "Editar Dados". Ao introduzirem-se novos dados, estes substituem os que foram gravados previamente e passam a ser usados como dados pré-definidos. Depois da escolha do "Tipo", é necessário "Carregar" os dados. A partir deste processo, as etapas seguintes são iguais ao processo de Nova Paletização", como se pode ver na figura 4-17.

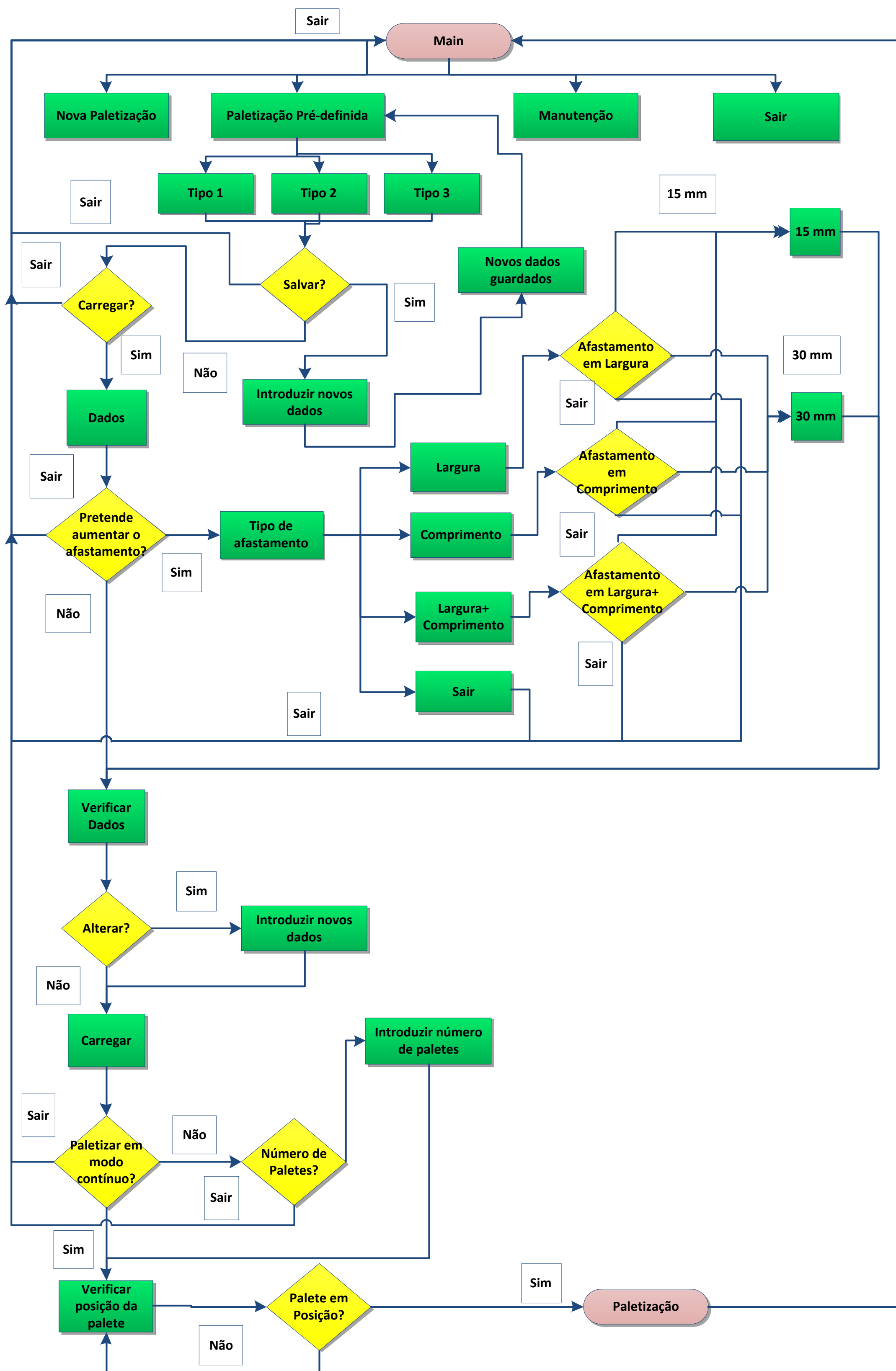


Figura 4-17: Fluxograma da "Paletização Pré definida".

4.3.2.3 Manutenção

Este processo serve para o utilizador realizar a manutenção necessária. O primeiro passo consiste em escolher a opção "Manutenção" no menu principal da aplicação GUI.

O processo "Manutenção" subdivide-se em dois processos em termos de algoritmo programado: "Testar Ventosas" e "Testar Lâmpadas", como se pode verificar na figura 4-18.

Na etapa "Testar Ventosas", podemos ativar ou desativar as ventosas com a chamada das rotinas rVentosaON e rVentosaOFF do algoritmo, respetivamente.

Na etapa "Testar Lâmpadas", podemos ativar ou desativar as lâmpadas com a chamada das rotinas rLâmpadasON e rLâmpadasOFF do algoritmo, respetivamente. Estes menus só se encontram disponíveis quando o robô não se encontra no processo de paletização.

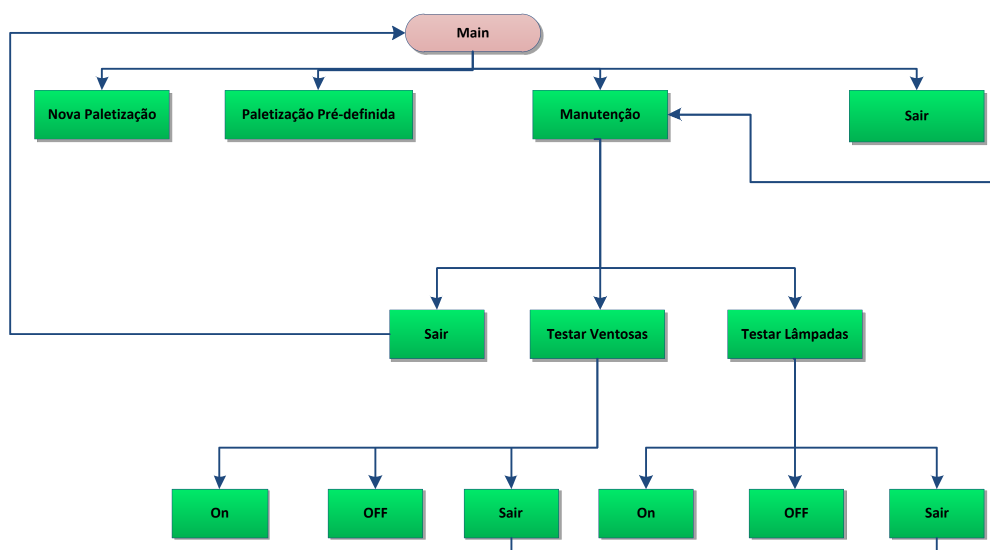


Figura 4-18: Fluxograma do processo "Manutenção".

Na aplicação de interface temos também acesso a outras opções, tais como, ver o estado das "Entradas e Saídas" do controlador; a "Manutenção Periódica", que é um mecanismo que obriga o operador a efetuar o processo de manutenção quando o número de paletes total for 2000, 4000, ou seja, de 2000 em 2000. A figura 4-19 ilustra o menu "Manutenção".

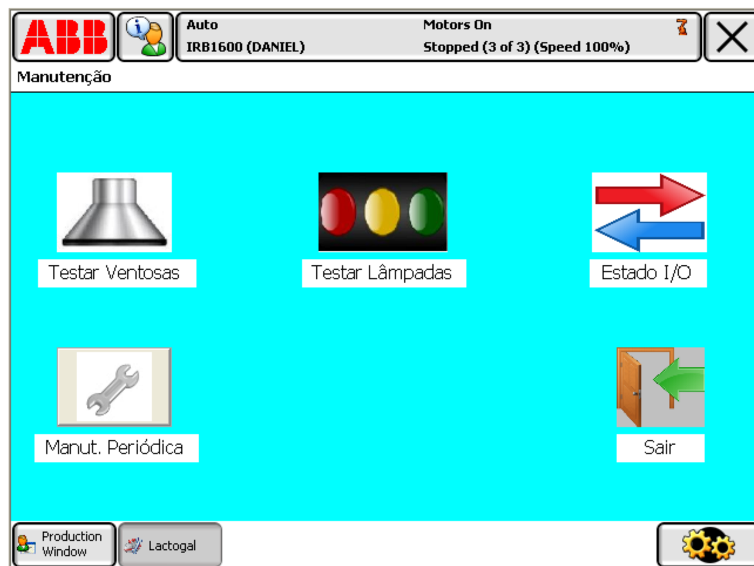


Figura 4-19: Janela do menu “Manutenção”.

Dentro dessas funções de manutenção, existe sempre a opção “Sair”, que faz com que o utilizador volte para o menu “Manutenção”. Neste último menu, também existe a opção “Sair”, mas faz voltar para o menu principal (Main).

Mas o utilizador também pode efetuar a manutenção usando os botões da botoneira desenvolvida. Esta dá informações do estado da paletização ao operador e permite realizar algumas operações. Na figura 4-20 podemos observar a botoneira desenvolvida.

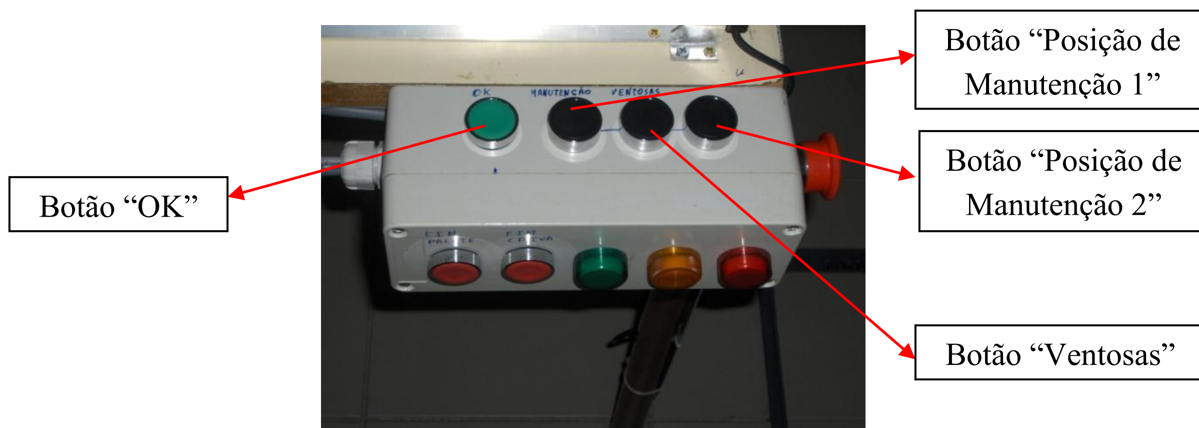


Figura 4-20: Botoneira (vista de topo).

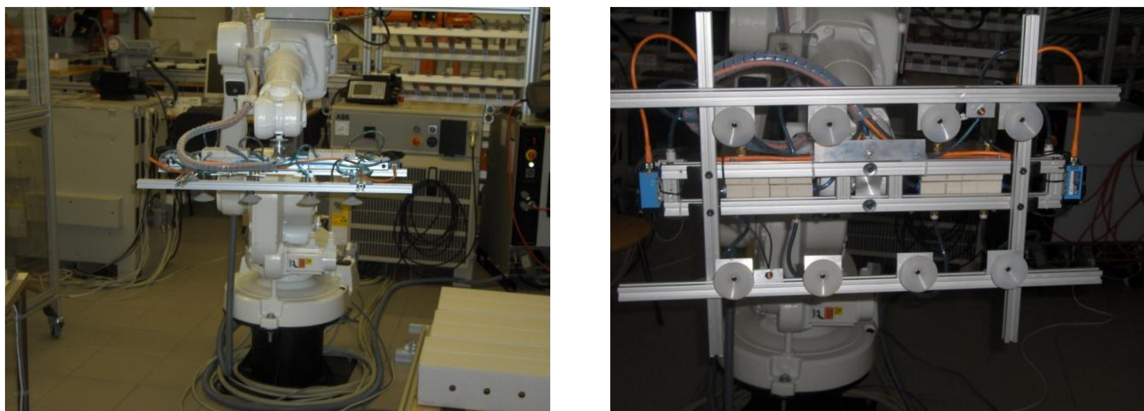


Figura 4-21: Posições de manutenção 1 e 2, respetivamente.

Com a botoneira podemos fazer o robô mover-se para as posições de manutenção 1 e 2, e ativar/desativar as ventosas, como podemos observar na figura 4-21.

4.3.2.4 Sair

Neste processo, podemos parar (STOP) o algoritmo. Se o robô se encontrar numa posição que não a de "Repouso", o algoritmo faz com que o robô se posicione nesta. Na figura 4-22, podemos observar o fluxograma do processo "Sair".

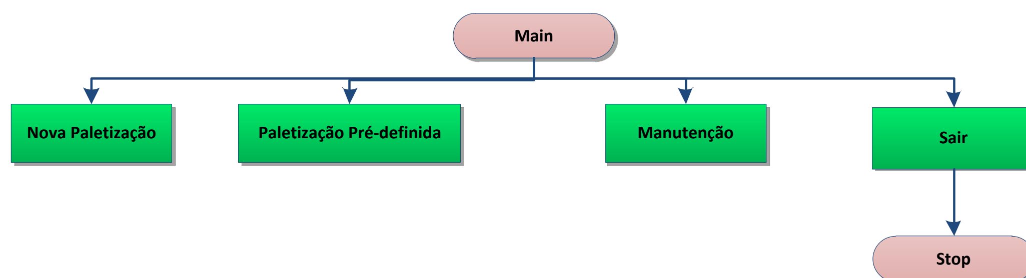


Figura 4-22: Fluxograma do processo "Sair".

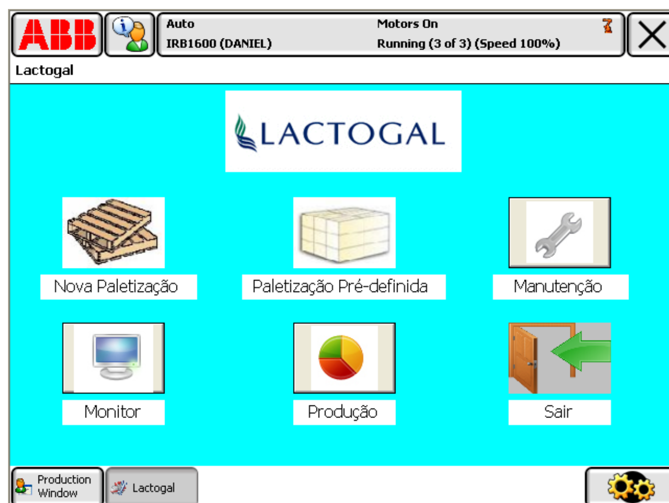


Figura 4-23: Janela do menu principal onde se apresenta o botão "Sair".

Como se pode verificar na figura 4-23, na aplicação HMI desenvolvida, é necessário escolher o menu "Sair".

4.3.2.5 Processo de paletização

Agora vamos abordar um pouco o processo de paletização. Depois da introdução dos dados (Nova paletização) ou da escolha do tipo de paletização (Paletização Pré-definida), o algoritmo procede aos cálculos necessários para saber quantas caixas o robô coloca na vertical (rotina rCaixa1 no algoritmo) ou horizontal (rotina rCaixa2 no algoritmo), pois as camadas da palete têm disposições diferentes consoante o número da camada, ou seja, se a camada é ímpar começa por colocar as caixas na vertical e depois horizontal e se é par coloca em primeiro lugar na horizontal e em seguida vertical. Na figura 4-24, ilustra-se a forma como são posicionadas as camadas e na figura 4-25, um exemplo com cinco caixas de cada tipo de camada.

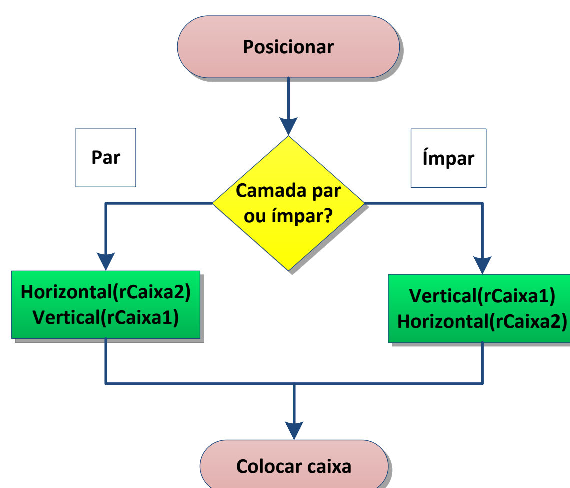


Figura 4-24: Fluxograma do posicionamento das caixas.

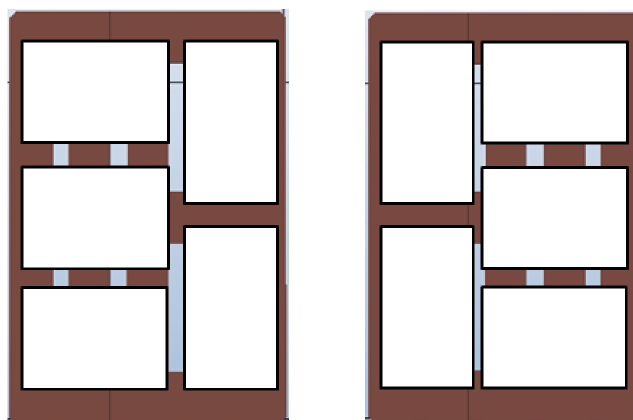


Figura 4-25: Camada com cinco caixas (camada ímpar e par, respetivamente).

Cria-se esta disposição diferente entre camadas para que ocorra um travamento entre as caixas. Desta forma, fazemos uma palete mais segura e estável, no sentido em que diminui a probabilidade de as caixas caírem aquando do processo de paletização. Em seguida, ocorre a movimentação do robô para colocar as caixas na palete.

A rotina rCorrecao_Pontos procede ao cálculo do posicionamento que o robô deve tomar para colocar a primeira caixa da palete, pois com o posicionamento desta as seguintes serão colocadas com recurso a *offsets* em relação à primeira, ou seja, o robô calcula as coordenadas para colocação de uma nova caixa. As caixas estarão espaçadas entre si com o afastamento definido pelo utilizador.

4.3.3 Tarefa associada aos alarmes e paragem de produção

Esta tarefa foi criada com o objetivo de detetar todos os alarmes e paragens de produção. Os alarmes e paragens de produção são detetados pelas entradas digitais que definimos na interface robótica.

4.3.3.1 Tipos de Alarmes

Os tipos de alarmes associados à tarefa são: Falta de ar comprimido, número de caixas caídas e número de vezes que acionamos o botão de emergência, passagem na barreira de segurança, palete fora do lugar quando a paletização está a decorrer. Esta rotina faz com que o robô efetue o *StopMove*, ou seja, faz com que o robô pare de se movimentar quando ocorre um alarme e este fica exatamente no ponto onde se encontrava antes de ter ocorrido o alarme e acende a lâmpada laranja da botoneira.

As lâmpadas têm como função indicar ao operador o estado do processo. Se a lâmpada verde estiver acesa, indica que a paletização está a decorrer, se estiver laranja, indica a ocorrência de

um alarme e, se estiver vermelha, informa o operador que o processo se encontra terminado. Na figura 4-26, podemos observar a botoneira desenvolvida.

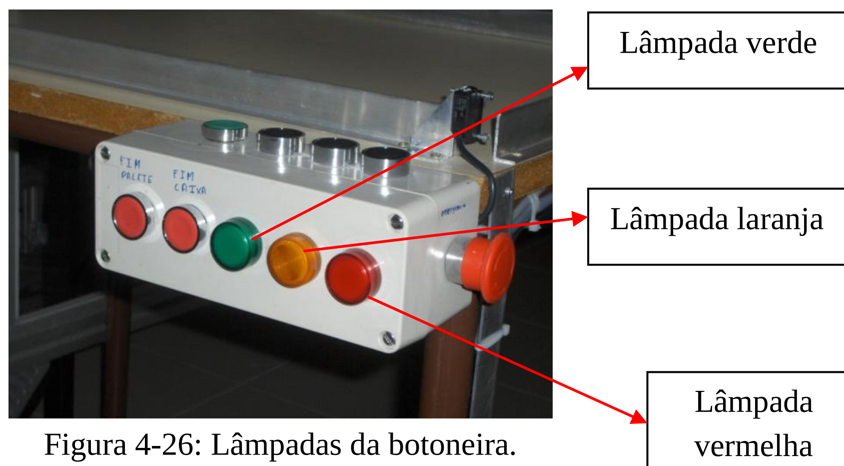


Figura 4-26: Lâmpadas da botoneira.

Quando ocorre um alarme de falta de ar comprimido, ou de queda de caixa ou de acionamento do botão de emergência, é criado um registo em ficheiro CSV no controlador do robô, onde é registado o tipo de alarme que ocorreu e a data e hora deste.

Para se iniciar novamente o movimento do robô depois de ocorrido o alarme, ou seja, o *StartMove*, é necessário premir o botão “OK” que podemos observar na figura 4-27.

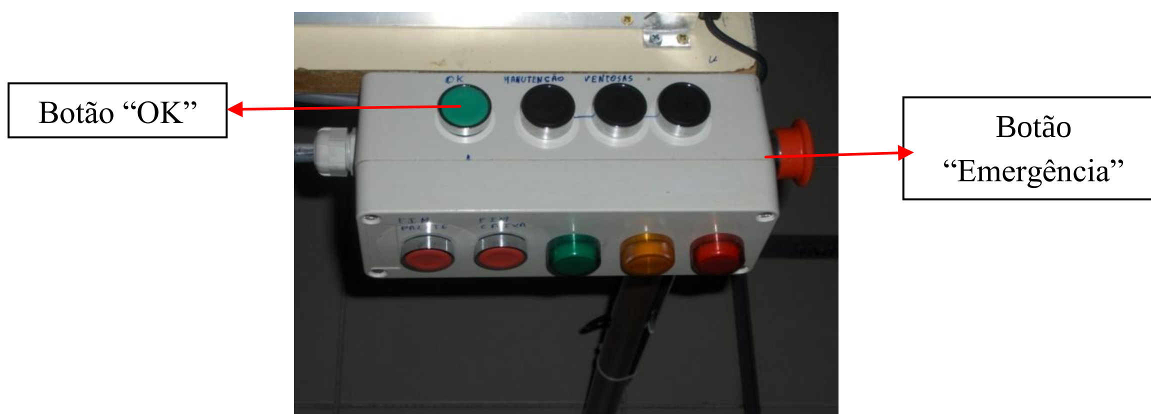


Figura 4-27: Botões de “OK” e “Emergência”.

4.3.3.2 Paragem de Produção

A paragem de produção ocorre de dois modos: Pressionando o botão “Fim de caixa” ou o botão “Fim de palete”.

O botão “Fim de caixa” destina-se a parar o processo de paletização na caixa atual que vai ser posicionada, finalizando assim a palete que se encontra a ser construída.

O botão “Fim de palete” destina-se a finalizar a paletização no final da palete atual. Na figura 4-28, podemos observar a botoneira desenvolvida e os botões referidos.

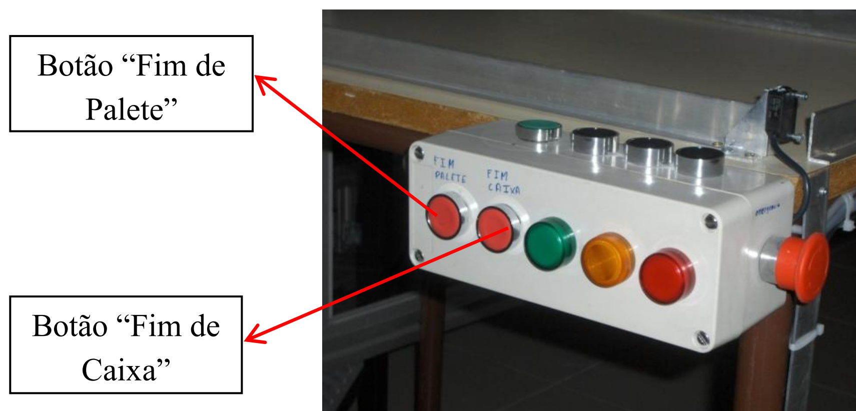


Figura 4-28: Botões de “Fim de palete” e “Fim de Caixa”.

Quando ocorre qualquer uma das situações referidas, aparece escrito, na aplicação *GUI*, a referência a cada caso, ou “Fim de Caixa” ou “Fim de Palete”.

4.3.4 Tarefa de produção

O algoritmo desenvolvido para esta tarefa foi concebido para registar toda a produção. Quando o processo de paletização termina uma palete, esta tarefa cria um ficheiro CSV no controlador do robô, onde são registados o número de palete atual diária, o número total de paletes que foram constituídas pela célula, a data, hora, o tempo de ciclo da palete, a cadência e o número de caixas que constituem a palete. Esta tarefa está interligada ao menu “Produção” da aplicação de interface com o utilizador, como se ilustra na figura 4-29.

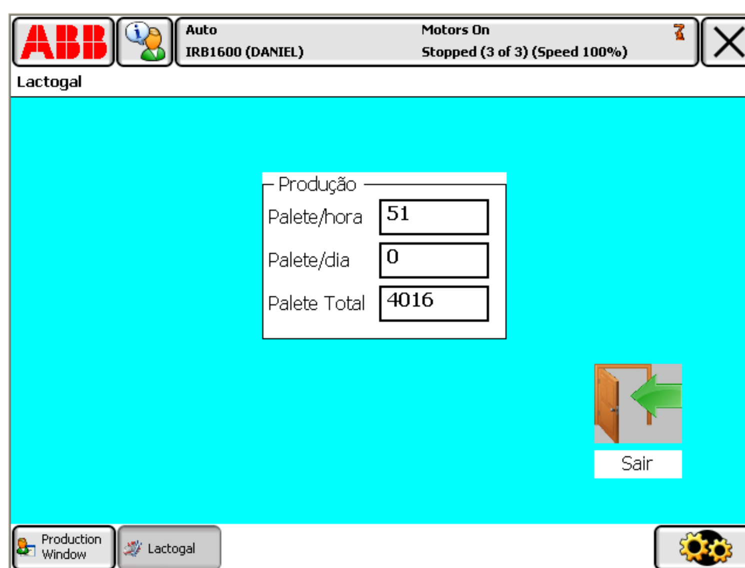


Figura 4-29: Janela do Menu “Produção”.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1 Conclusões gerais

A automação industrial, neste caso específico a robótica, está hoje presente em toda a parte no mercado industrial. É utilizada nas mais diversas áreas, constituindo um fator de competitividade no mundo dos negócios e das tecnologias, pois influenciam de forma importante as operações.

Ao longo deste documento, foi apresentado e descrito todo o trabalho realizado no âmbito desta dissertação. Além do levantamento bibliográfico realizado, foi apresentada uma proposta de um sistema de paletização robotizado.

Em suma, conseguiu-se conceber o estudo de uma célula flexível de fabrico, com a função de paletizar caixas, para futura utilização no setor de pesagem e etiquetagem do queijo, na unidade fabril de Oliveira de Azeméis, da empresa Lactogal, Produtos Alimentares S.A. O sistema disponibiliza uma interface para o utilizador e mostra-se como uma aplicação versátil para ser implementada em outros setores que tenham como objetivo a paletização de caixas.

5.2 Trabalhos futuros

Todos os objetivos propostos foram atingidos, no entanto, é possível introduzir novos elementos que levem ao melhoramento do trabalho desenvolvido.

Pode-se então:

- Introduzir um transportador de paletes para que os operadores não tenham de introduzi-las manualmente.
- Automatizar a linha de produção do setor de pesagem e etiquetagem, de forma aos utilizadores terem uma intervenção mínima.
- Melhorar a interface da *Flexpendant*.
- Criar uma interface, associada ao computador do responsável de produção, com maiores privilégios.

REFERÊNCIAS

[1] Silva, Ricardo Sá. *A automação industrial é a tecnologia de aplicação*. Robótica - Revista Técnico-Científica, nº 87, 2º trimestre 2012.

[2] Pires, J. Norberto. 2007. *Automação Industrial - 4ª edição*. Lisboa: ETEP - Edições Técnicas e Profissionais.

[3] Apontamentos Teóricos do Prof. Doutor António Ferrolho.

[4] Pires, J. Norberto. *Os desafios da Robótica Industrial*. Robótica - Revista Técnico-Científica, nº 83, 2º trimestre 2011.

[5] Moon, Hong Ju. 1999. *An Introduction to Industrial Networks.* Disponível em: http://comscigate.com/csg/ib/caseStudies/ecacasestudy2004/icat.snu/intro/2.html, consultado a 25 de agosto de 2012.

[6] Mineiro, Nuno. *Estado da Arte da Robótica Industrial em Portugal*. Robótica - Revista Técnico-Científica, nº 87, 2º trimestre 2012.

[7] *World Industrial Robots 2002: Statistics and Forecast*, United Nations e International Federation of Robots, New York: ONU, 2002. Disponível em: http://www.robosiri.it/pdf/TOP%203%20JK%20Chapter2.pdf, consultado a 7 de agosto de 2012

[8] *World Industrial Robots 2005: Statistics and Forecast*, United Nations e International Federation of Robots, Geneva, 2005. Disponível em: http://books.google.pt/books?id=4B6Ei1y4WbcC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, consultado a 7 de agosto de 2012

[9] *World Industrial Robots 2007: Statistics and Forecast*, United Nations e International Federation of Robots, Geneva, 2007. Disponível em: http://www.dis.uniroma1.it/~deluca/rob1/2007_WorldRobotics_ExecSummary.pdf, consultado a 7 de agosto de 2012

[10] *World Industrial Robots 2008: Statistics and Forecast,* United Nations e International Federation of Robots, Geneva, 2008. Disponível em: http://www.doc88.com/p-14065708460.html, consultado a 7 de agosto de 2012

[11] *ABB IRB1600 User's Manual,* ABB Flexible Automation, 2010.

[12] *Product Specification IRC5 with Flexpendant*, ABB Flexible Automation, 2004.

[13]Catálogo Nacional 2012, SMC Pneumatics, 2012. Disponível em: http://www.smcbr.com.br/pt_br/catalogo-nacional/capitulo-9-componentes-para-vacuo.pdf, consultado a 9 de agosto de 2012.

[14] *Product Specification W160*, SICK Group, 2006.

[15] Guia de Deteção Industrial 2012, Omron Industrial, 2012.

ANEXO 1

MANUAL DO UTILIZADOR

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO

O presente manual pretende demonstrar ao utilizador o funcionamento da aplicação.
O modo de apresentação pretende ser extremamente intuitivo e versátil, para conduzir o utilizador a uma maior interacção com o controlador, podendo, assim, criar paletizações conforme as suas necessidades.

2. INÍCIO DA UTILIZAÇÃO

Para abrir a aplicação, utilize o atalho no menu da *Flexpendant* do Controlador denominado Lactogal , como mostra a figura 1.

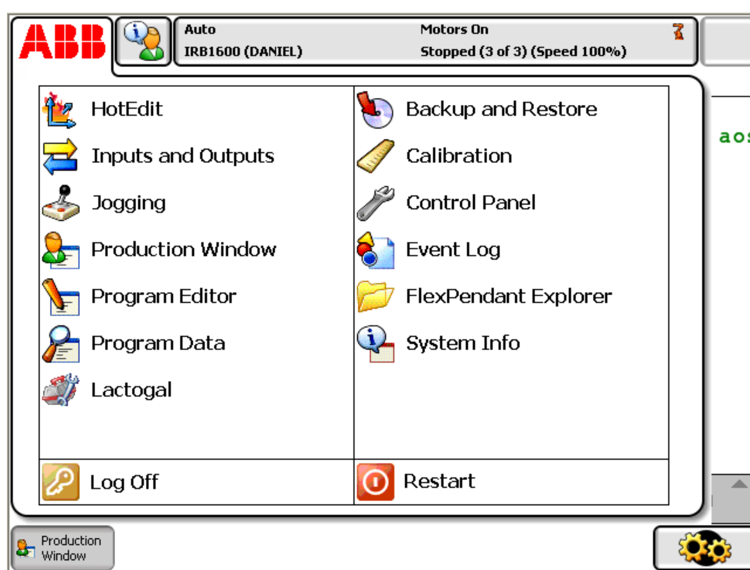


Figura 1: Menu da *Flexpendant* do Controlador

De seguida, aparecerá o menu principal.

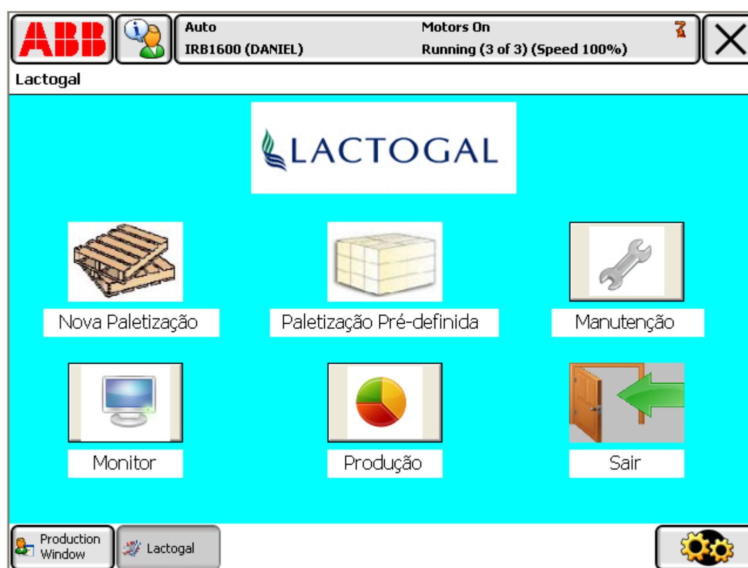


Figura 2: Menu Principal

O menu principal, na figura 2, permite:

- **Nova Paletização:** Esta opção serve para o operador criar um novo tipo de paletização. (Necessita dos dados das dimensões referentes à palete, à caixas e do número de camadas).
- **Paletização Pré-definida:** Esta opção permite ao utilizador escolher entre os tipos de paletizações, que se encontram guardadas previamente definidas.
- **Manutenção:** Esta opção permite ao utilizador ter acesso aos parâmetros de manutenção.
- **Monitor:** Este botão possibilita ao utilizador ter acesso às informações sobre o que o robô está a fazer.
- **Produção:** Este botão proporciona ao utilizador ter conhecimento da produção.
- **Sair:** Este botão permite ao utilizador sair/parar da aplicação.

3. NOVA PALETIZAÇÃO

No Menu Principal escolha o botão 

, como podemos observar na figura 2. Irá aceder a um novo menu, onde pode inserir os parâmetros necessários sobre a nova paletização que irá criar.

- Dimensões da palete;
- Dimensões da caixa;
- Número de camadas a paletizar;

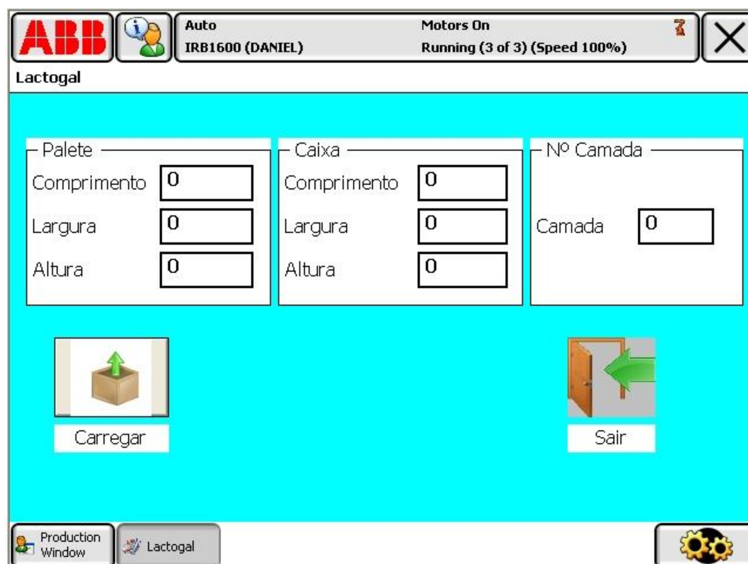


Figura 3: Menu para introdução dos dados.

Para se efectuar a introdução dos parâmetros, deve-se carregar sobre o editor de número, e de seguida, aparecerá um teclado para introduzir todos os dados.

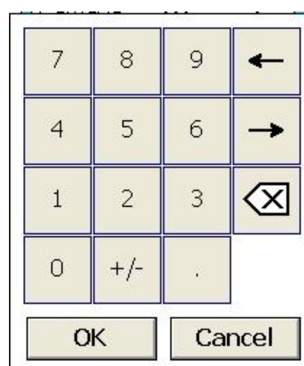


Figura 4: Teclado para introdução dos dados.

Depois de introduzidos os parâmetros, seleccione o botão 

.

Nota: Continua no capítulo **Menu Dados**.

4. PALETIZAÇÃO PRÉ-DEFINIDA

No Menu Principal, escolha o botão  Paletização Pré-definida, de seguida surgirá o seguinte menu (Ver figura 5).

Figura 5: Menu **Paletização Pré-definida.**

No menu representado na figura anterior, o utilizador terá de seleccionar uma das opções disponíveis:

- **Tipo 1:** Este separador permite ao utilizador ter acesso aos dados guardados na posição 1.
- **Tipo 2:** Este separador permite ao utilizador ter acesso aos dados guardados na posição 2.
- **Tipo 3:** Este separador permite ao utilizador ter acesso aos dados guardados na posição 3.

O operador pode carregar os dados, premindo o botão **Carregar**, alterar os dados da posição que pretende, pressionando o botão **Editar Dados** ou, se escolher o botão **Sair,** para voltar para o menu principal.

4.1 Menu Salvar Dados

Este menu tem como função alterar os dados pré-definidos e, depois de alterados, estes ficam gravados como os dados que o utilizador pretende para futuras paletizações.

Os dados alterados ficam guardados na base de dados do algoritmo até que sejam novamente alterados.

Com o pressionar do botão **Editar Dados**, aparecerá a seguinte figura:

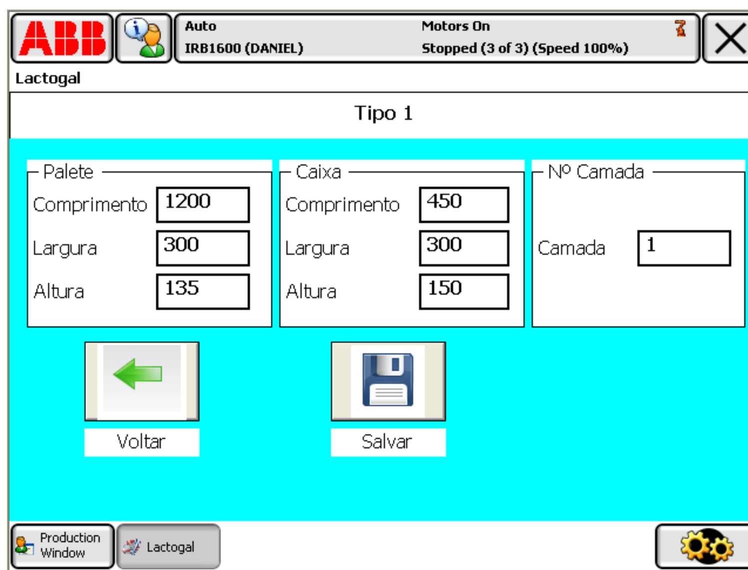


Figura 6: Menu **Salvar Dados (Tipo 1).**

Se passarmos o dedo sobre o editor, aparecerá o teclado, e assim podemos alterar os parâmetros que achamos necessários e queremos que fiquem gravados como pré-definidos para futuras utilizações.

Nota: Se, por exemplo, alterarmos o comprimento da palete de 1200 mm para 1111 mm, o novo valor do comprimento será guardado na base de dados do algoritmo como o valor pré-definido, até ser novamente alterado pelo utilizador.

Depois de introduzidos os novos dados, deverá carregar no botão **Salvar** para guardar os dados inseridos e, de seguida, premir o botão voltar para voltar para o menu **Paletização Pré-definida.**

Depois de seleccionado o tipo, seleccione o botão 

.

Nota: Continua no capítulo **Menu Dados**.

5. MANUTENÇÃO

No Menu Principal, escolha o botão 

, de seguida, surgirá o seguinte menu (Ver figura 7):

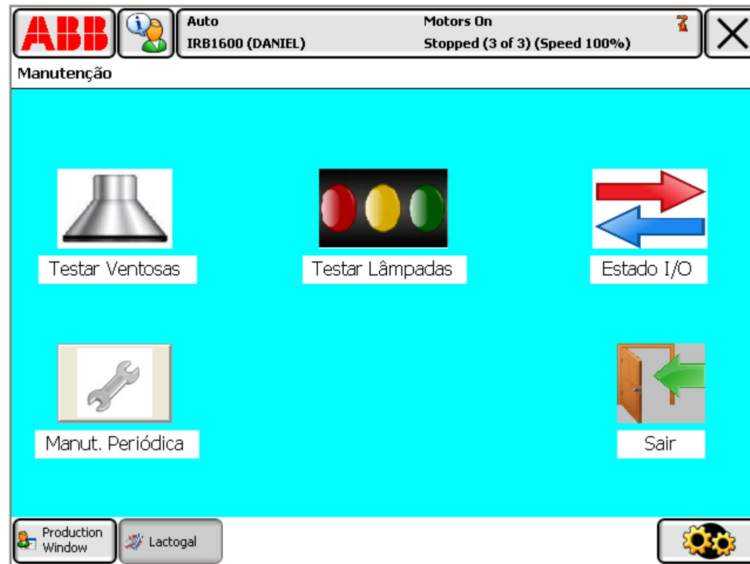


Figura 7: Menu **Manutenção.**

O operador terá de escolher uma das opções disponíveis:

- **Testar Ventosas:** Com este botão, o operador tem acesso ao menu **Testar Ventosas;**
- **Testar Lâmpadas:** Este botão possibilita ao operador ter acesso ao menu **Testar Lâmpadas;**
- **Estado I/O:** Pressionando este botão, terá acesso ao menu **Estado I/O**.
- **Manutenção Periódica:** Este botão permite ao operador efectuar a manutenção periódica. (**Nota**: Este botão só se encontra acessível quando o número de paletes total for 2000, 4000, ou seja de 2000 em 2000.)
- **Sair:** Este botão permite ao utilizador sair para o menu principal da aplicação.

5.1 Menu Testar Ventosas

O menu da figura 8 apresenta as seguintes opções:

- **ON:** Com este botão activam-se as ventosas.
- **OFF:** Este botão permite ao utilizador desactivar as ventosas.
- **Sair:** Este botão permite ao utilizador voltar para o menu Manutenção.

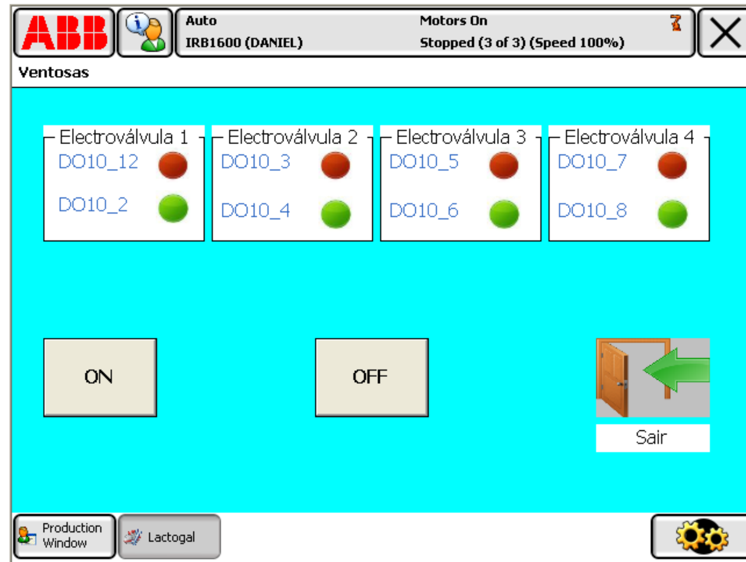


Figura 8: Menu **Testar Ventosas.**

5.2 Menu Testar Lâmpadas

O menu da figura 8 apresenta as seguintes opções:

- **ON:** Com este botão activam-se as lâmpadas.
- **OFF:** Este botão permite ao utilizador desactivar as lâmpadas.
- **Sair:** Este botão permite ao utilizador voltar para o menu Manutenção.

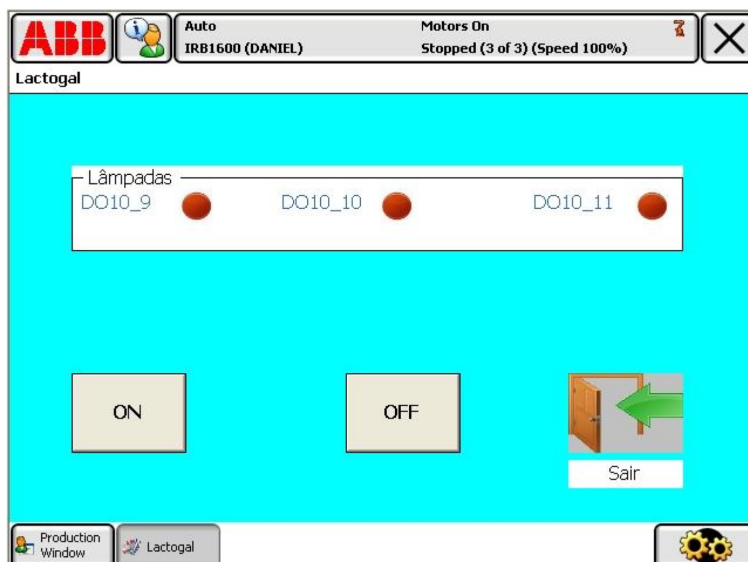


Figura 9: Menu **Testar Lâmpadas.**

5.3 Menu Estado I/O

Neste menu, o operador poderá seleccionar uma das seguintes opções:

- **Entradas:** Este separador permite ao utilizador ter acesso ao estado das entradas digitais (Ver figura 10).
- **Saídas:** Este separador permite ao utilizador ter acesso ao estado das saídas digitais (Ver figura 11).
- **Sair:** Este botão permite ao utilizador voltar para o menu Manutenção.

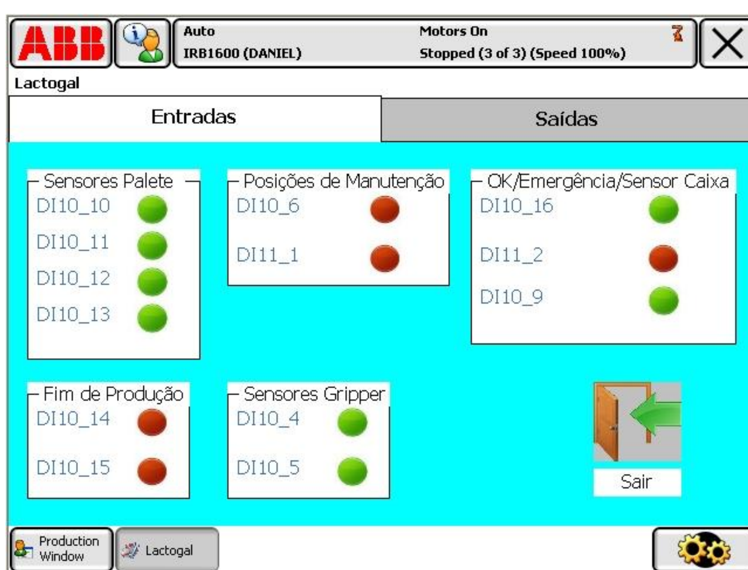


Figura 10: Separador **Entradas.**

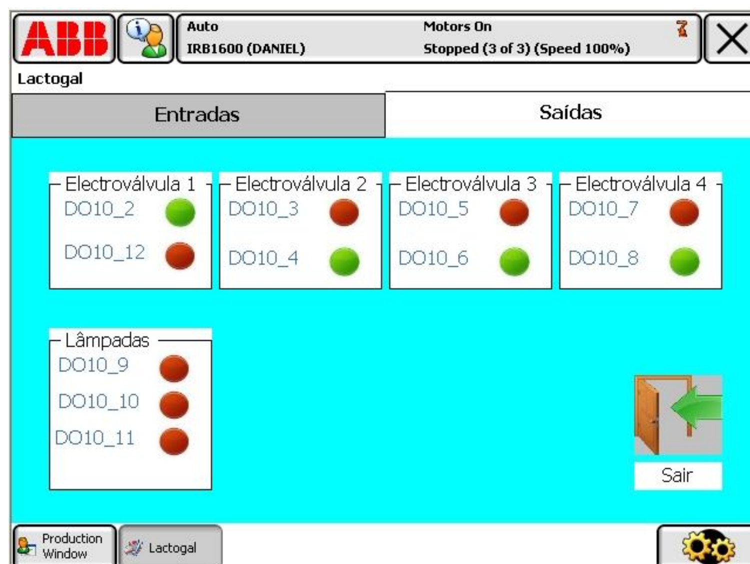


Figura 11: Separador **Saídas.**

6. MONITOR

No Menu Principal, escolha o botão 

, de seguida, surgirá o seguinte menu (Ver figura 12):

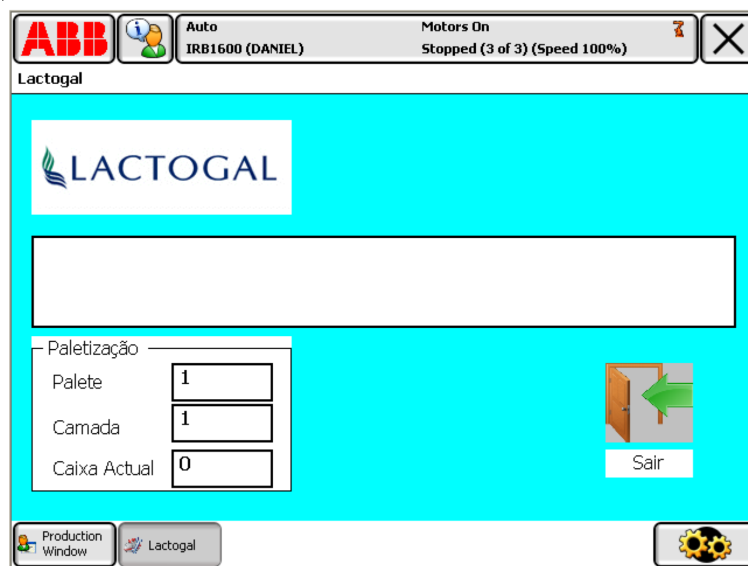


Figura 12: Menu **Monitor.**

Este menu serve para dar informações sobre o que se está a passar em cada momento do processo de paletização.

7. PRODUÇÃO

No Menu Principal, escolha o botão 

, de seguida, surgirá o seguinte menu (Ver figura 13):

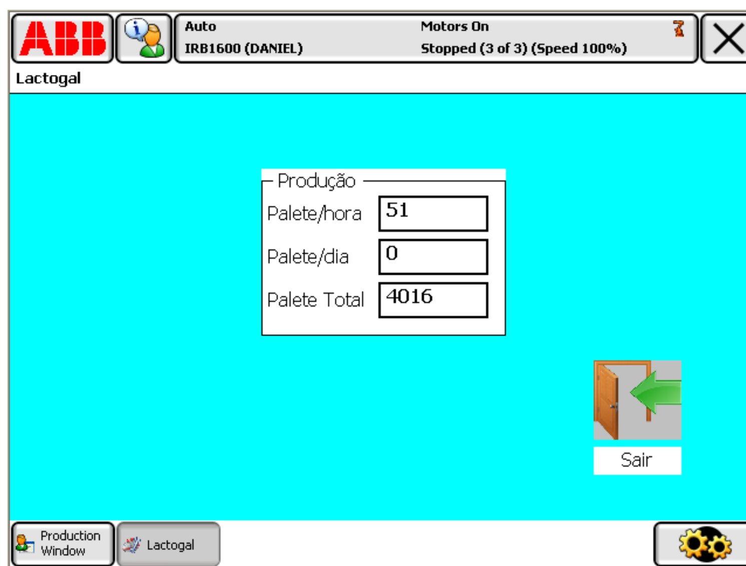


Figura 13: Menu **Produção.**

Este menu serve para dar informações sobre o número de paletes completas por dia, número total de paletes e o número de paletes por hora.

8. SAIR

No Menu Principal, escolha o botão 

, esta opção pára a aplicação.

9. MENU DADOS

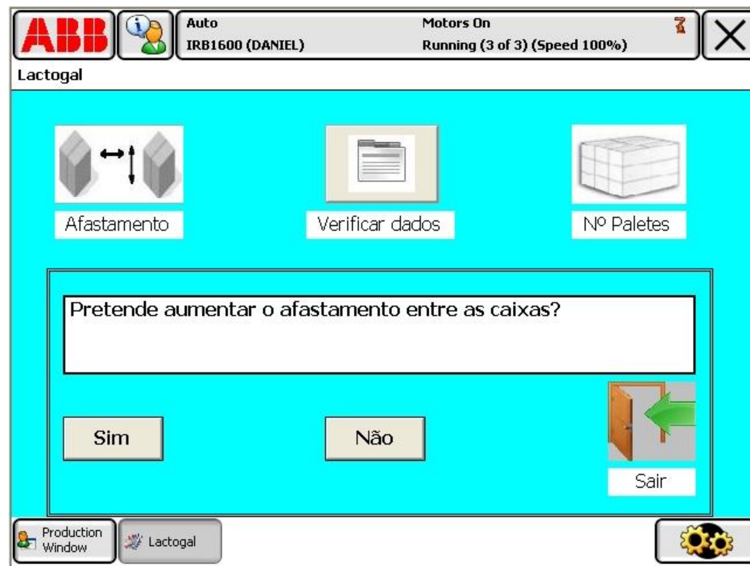
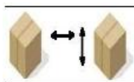


Figura 14: Menu dados.

Depois de carregados todos os dados, aparecerá uma mensagem que perguntará "**Pretende aumentar o afastamento entre as caixas?**". Deverá seleccionar uma das opções disponíveis:

- **Sim:** Este botão permite ao utilizador ter acesso ao menu de afastamento.
- **Não:** Este botão possibilita ao utilizador aceder ao menu **Verificar dados**, e utiliza-se o afastamento entre as caixas previamente definido no algoritmo, neste caso 10 mm, tanto em largura e comprimento.
- **Sair:** Este botão permite ao utilizador sair para o menu principal da aplicação.

9.1 Aumentar o afastamento entre as caixas

Com a escolha do «aumentar do afastamento», é dado ao operador o acesso ao botão 

.

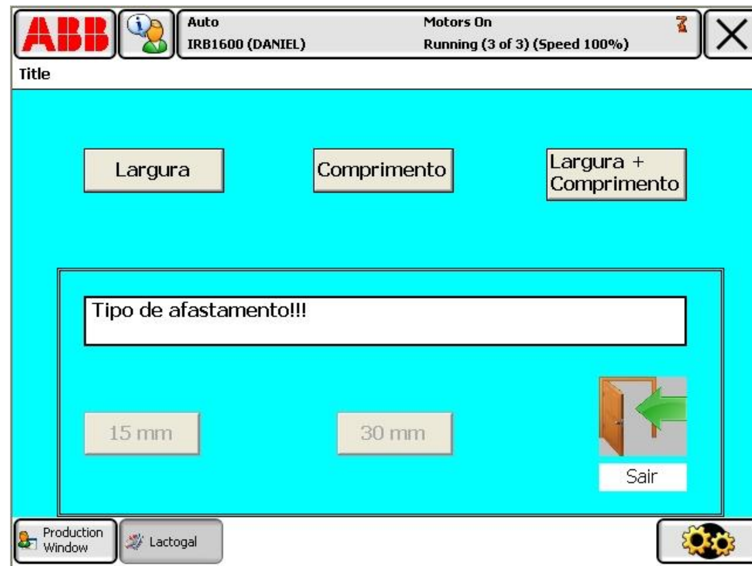


Figura 15: Menu para escolha do tipo de afastamento.

Depois de seleccionado o botão, aparecerá o menu acima com as seguintes opções:

- **Largura:** Este botão permite ao utilizador aumentar o afastamento entre as caixas em largura.
- **Comprimento:** Este botão permite ao utilizador aumentar o afastamento entre as caixas em comprimento.
- **Largura+Comprimento:** Este botão permite ao utilizador aumentar o afastamento entre as caixas em largura e comprimento.

Depois de ter escolhido, surgirá o menu seguinte:

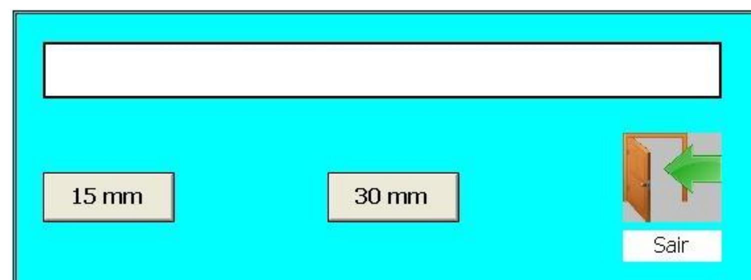


Figura 16: Menu para escolha da distância entre as caixas.

Deverá seleccionar uma das opções disponíveis:

- **15 mm:** Este botão permite ao utilizador escolher uma distância entre caixas de 15 mm.
- **30 mm:** Este botão permite ao utilizador escolher uma distância entre caixas de 30 mm.
- **Sair:** Este botão permite ao utilizador sair para o menu principal da aplicação.

9.2 Menu Verificar dados

De seguida, temos de verificar se os dados introduzidos anteriormente se encontram de acordo com o que pretendemos. Surgirá no ecrã da *Flexpendant* o acesso ao menu



e aparecerá o seguinte menu com a mensagem **Verificar Dados**, como se pode ver na figura 17.

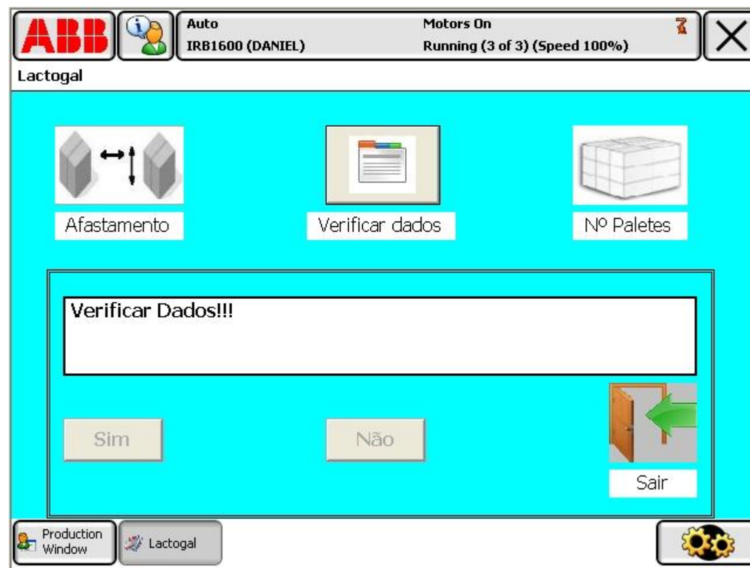


Figura 17: Menu com acesso ao menu **Verificar Dados**.

No menu da figura 18, surgirão os dados introduzidos previamente, com as seguintes hipóteses:

- **Paletizar:** Com este botão, o operador informa o sistema de que os dados que aparecem são os correctos.
- **Alterar:** Este botão permite ao utilizador alterar qualquer um dos parâmetros escolhido previamente.

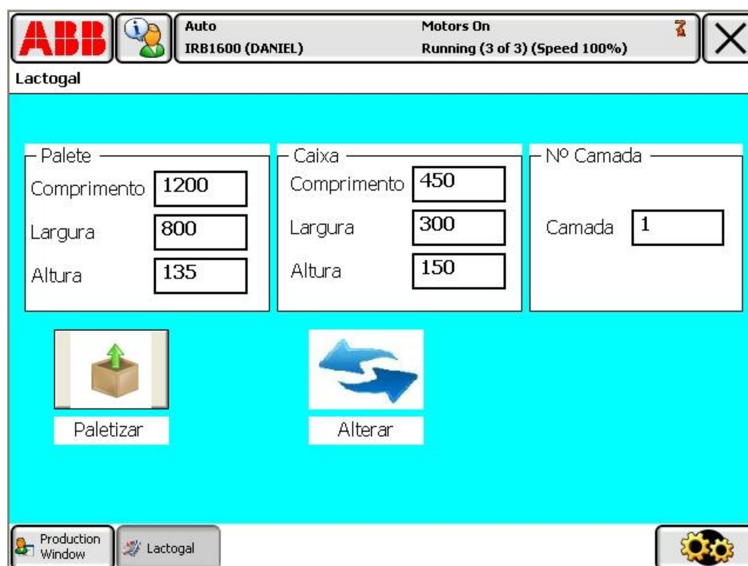


Figura 18: Menu para verificação dos parâmetros.

9.3 Menu Alterar dados

Com a selecção do botão **Alterar,** o utilizador pode alterar as dimensões da caixa, da palete, e o número de camadas que pretende que cada palete tenha.

De seguida, surgirá um menu (ver figura 18), onde é permitido alterar as definições ou voltar ao menu anterior, caso não pretenda alterar os dados.

Se efectuou alteração dos dados, deverá premir o botão **Carregar** para que os dados sejam salvos no algoritmo e depois seleccionar o botão **Voltar** para regressar ao menu anterior.

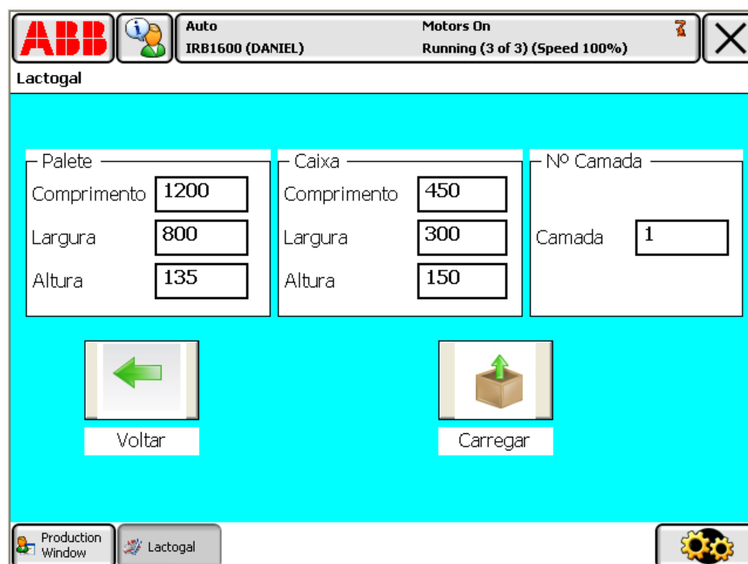


Figura 19: Menu para alterar os parâmetros.

Depois do menu **Verificar Dados,** aparecerá a mensagem "**Paletizar em modo contínuo?**" (ver figura 20). Deverá seleccionar uma das preferências:

- **Sim:** Este botão permite ao utilizador que o processo de paletização seja contínuo (Ver nota)
- **Não:** Este botão possibilita ao utilizador aceder ao menu **Nº Paletes**, que ~~o~~ permite escolher o número de paletes que pretende (ver nota).
- **Sair:** Este botão permite ao utilizador sair para o menu principal da aplicação.

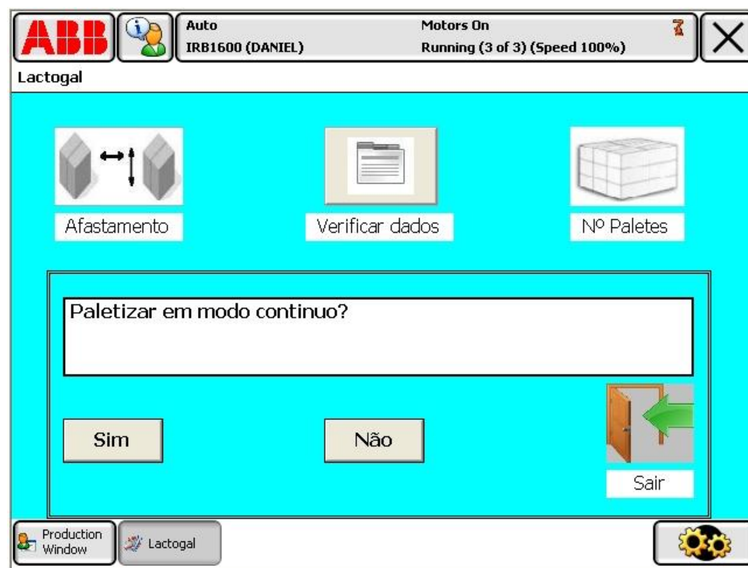


Figura 20: Apresenta a mensagem "**Paletizar em modo contínuo?**".

Nota Importante: Aquando da realização da paletização, se accionado o botão **Fim de Caixa** ou **Fim de Palete,** o procedimento termina na colocação da caixa actual ou com o final da palete actual, respectivamente, e volta para a posição de repouso.

9.4 Menu Número de Paletes

Com a opção pela inserção do número de paletes a paletizar, o operador terá acesso ao botão **Nº Paletes** (Ver figura 21).

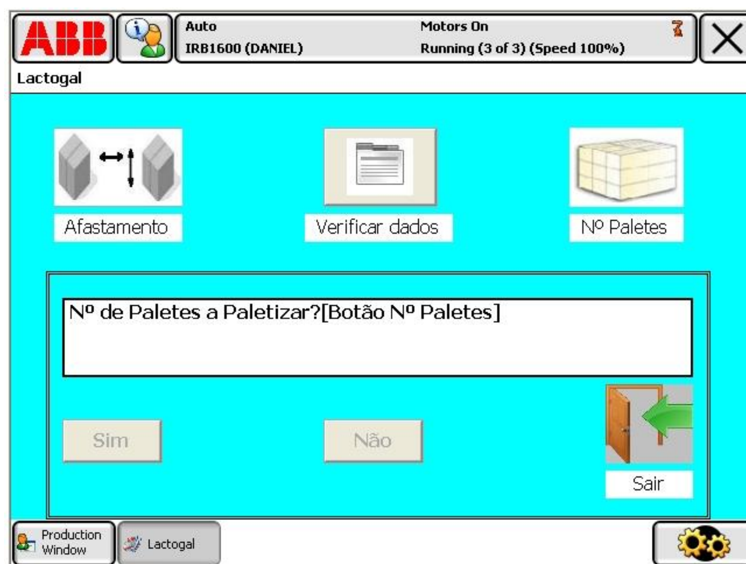


Figura 21: Apresenta o acesso ao botão **Nº Paletes**.

Depois de pressionar, o botão dá acesso ao seguinte menu (ver figura 22)

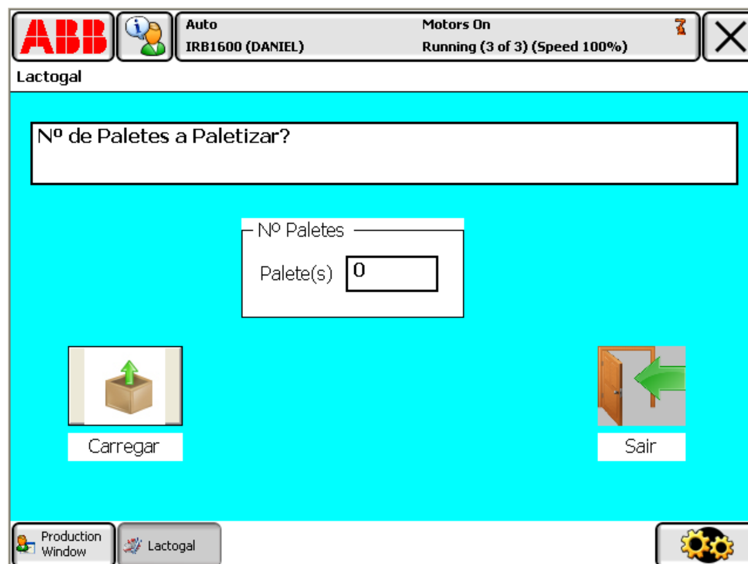


Figura 22: Menu **Nº Paletes**.

Introduz-se o número de paletes pretendido, através do teclado que irá surgir no ecrã, e depois prime-se o botão **Carregar** para carregar esse número, ou **Sair,** para voltar para o menu principal, anulando todas as operações realizadas antes.

9.4 Finalizar processo de inserção dos dados

Depois de se ter escolhido entre a paletização em modo contínuo ou a introdução do número de paletes, surgirá novamente o menu **Dados**.

Pressionar o botão **Sair** para voltar ao menu principal e, em seguida, escolher o botão **Monitor**. Este botão permite-nos entrar no menu que nos dará informações sobre tudo o que se está a passar.

10. BOTONEIRA EXTERIOR

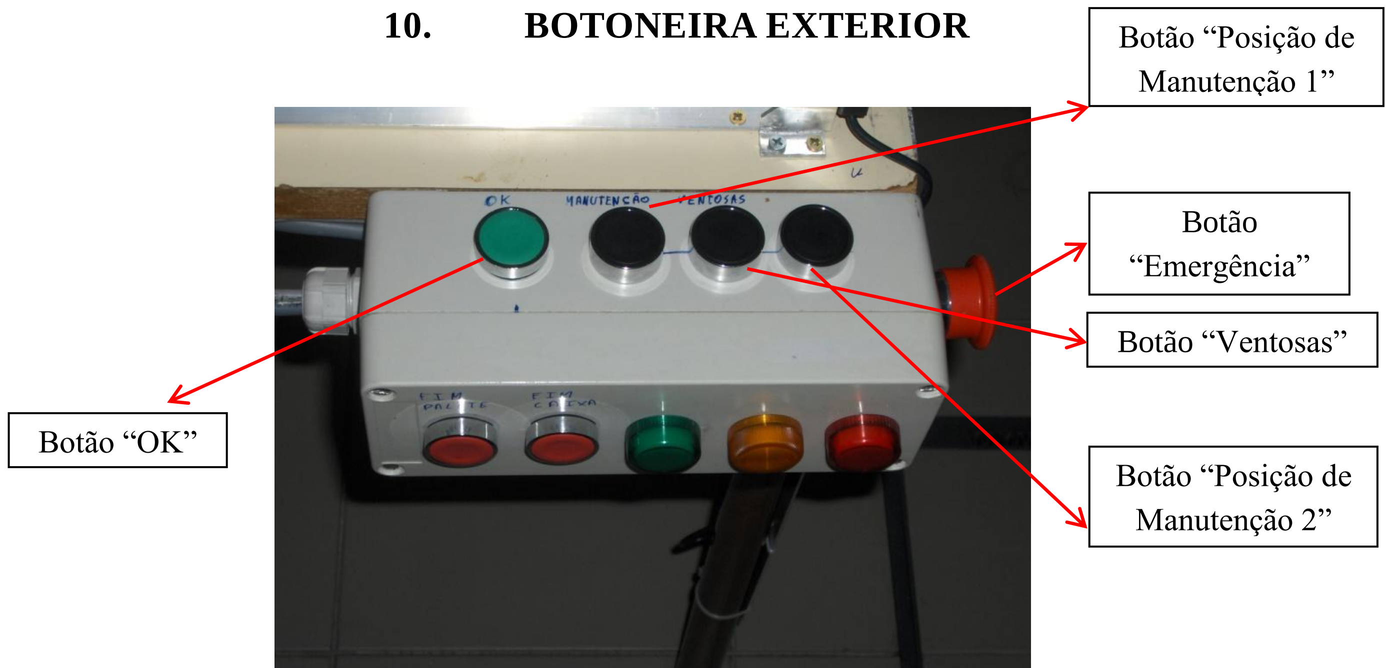


Figura 23: Botoneira (vista de topo).

A figura acima mostra a botoneira exterior que permite realizar as seguintes acções:

- **Botão "OK":** Com este botão activa-se qualquer acção do robô, depois de ter sido accionado (no algoritmo) o *StopMove*.
- **Botão "Posição de Manutenção 1":** Este botão faz com que o robô se mova para a posição da figura 24 (Ver nota).
- **Botão "Posição de Manutenção 2":** Este botão faz com que o robô se mova para a posição da figura 25 (Ver nota).
- **Botão "Ventosas":** Com este botão, activam-se/desactivam-se as ventosas (Ver nota).
- **Botão "Emergência":** Com este botão, o robô pára imediatamente (ativa o *StopMove*).

Nota importante: O robô só se move para as posições de manutenção, activa/desactiva as ventosas, quando se encontra em repouso, ou seja, sem estar a efectuar qualquer tipo de paletização. Prime-se o Botão "OK" para fazer o robô voltar para "Posição de Repouso " (ver figura 26), quando este se encontra em qualquer posição de manutenção.

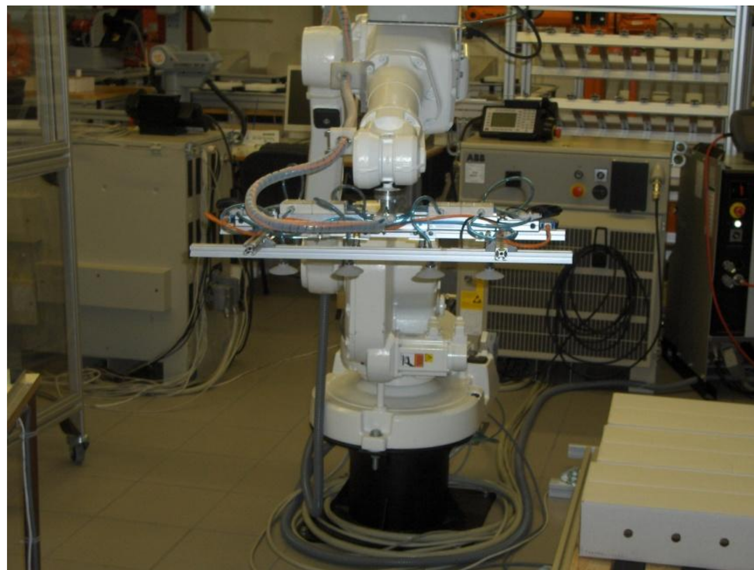


Figura 24: Posição de manutenção 1.

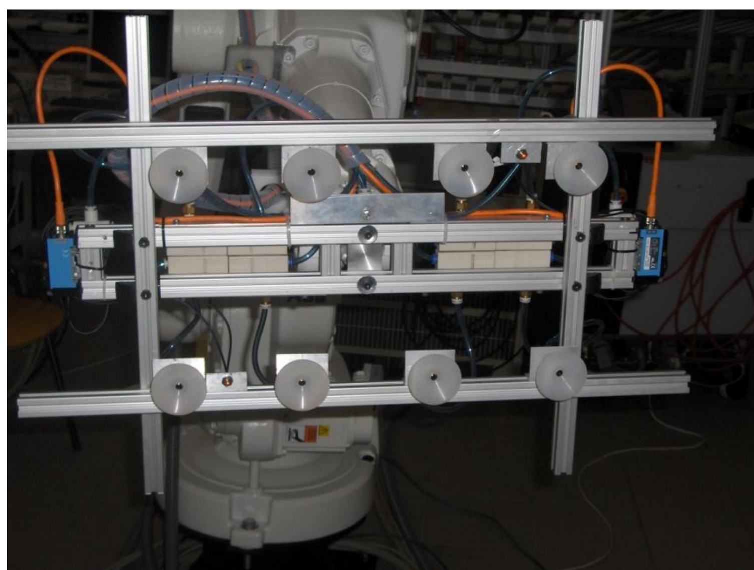


Figura 25: Posição de manutenção 2.

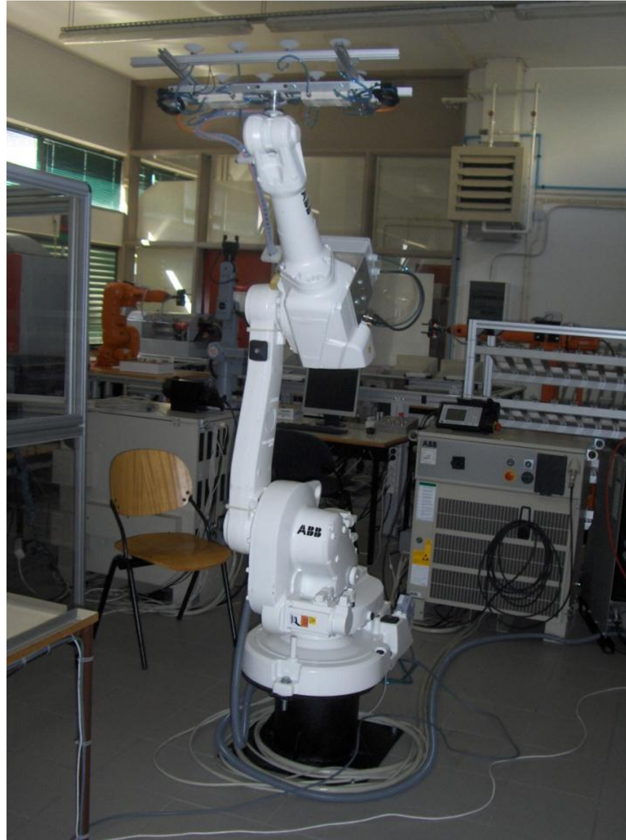


Figura 26: Posição de repouso.



Figura 27: Botoneira (vista de topo).

A figura acima mostra a botoneira exterior que permite realizar as seguintes acções:

- **Botão "Fim de Palete":** Com este botão, activa-se o mecanismo de paragem no final da palete actual.
- **Botão "Fim de Caixa":** Com este botão, activa-se o mecanismo de paragem no final do posicionamento da caixa actual.

- **Lâmpadas:** Com a alternância entre as várias lâmpadas (verde, laranja e vermelho), o operador verifica se o processo se encontra ou não a decorrer sem problemas.

11. DADOS DE PRODUÇÃO E ALARMES

Para ter acesso aos dados, deve ligar o cabo *Ethernet* ao controlador do robô através da porta de serviço.